

ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU
DRVNOTEHNOLOŠKI ODSJEK
SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ
DRVNOTEHNOLOŠKI PROCESI

JOSIP OŽEGOVIĆ

ANALIZA POUZDANOSTI MJERNE METODE ODREĐIVANJA
MASENE KONCENTRACIJE LEBDEĆIH DRVNIH ČESTICA

DIPLOMSKI RAD

ZAGREB, RUJAN 2016

ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU
DRVNOTEHNOLOŠKI ODSJEK

**ANALIZA POUZDANOSTI MJERNE METODE ODREĐIVANJA MASENE
KONCENTRACIJE LEBDEĆIH DRVNIH ČESTICA**

DIPLOMSKI RAD

Diplomski studij: Drvnotehnološki procesi

Predmet: Zaštita drvnoindustrijskog okoliša

Ispitno povjerenstvo: 1. izv. prof. dr. sc. Anka Ozana Čavlović
 2. doc. dr. sc. Maja Moro
 3. dr. sc. Kristijan Radmanović

Student: Josip Ožegović

JMBAG: 0068209737 9

Broj indeksa: 590/14

Datum odobrenja teme: 22.03.2016.

Datum predaje rada: 15.09.2016.

Datum obrane rada: 29.09.2016.

Zagreb, rujan 2016

Dokumentacijska kartica

Naslov	Analiza pouzdanosti mjerne metode određivanja masene koncentracije lebdećih drvnih čestica
Title	Reliability analysis of measurment method for determination of mass concetetraton of airborne wood dust
Autor	Josip Ožegović
Adresa autora	Slavka Kolara 19, 43231, Ivanska
Rad izrađen	Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Vrsta objave	Diplomski rad
Mentor	izv. prof. dr. sc. Anka Ozana Čavlović
Izradu rada pomogao	doc. dr. sc. Maja Moro
Godina objave	2016.
Obujam	Broj stranica 48, 39 tablica, 14 slika i 16 navoda literature
Ključne riječi	Drvena prašina, masena koncentracija, stupanj pronalaženja uzorka, stupanj količine uzorka
Key words	Wood dust, mass concentration, limit of detection, limit of quantitation
Sažetak	<p>Ovim radom analizirana je pouzdanosti dviju različitih vrsta mjerne opreme u postupku sakupljanja lebdećih čestica pri određivanju masene koncentracije drvene prašine koja udisanjem utječe na zdravlje radnika u proizvodnim pogonima i stolarijama. Normom HRN CEN/TR 15230:2005 definirano je trajanje pouzdanog sakupljanja uzorka (stupanj prikupljanja uzorka t_{minP}) i trajanje sakupljanja za pouzdano vaganje uzorka (stupanj količine uzorka t_{minK}). Cilj rada je odrediti značaj utjecajnih čimbenika (vrsta mjernih uređaja, stvarno vrijeme sakupljanja uzoraka, standardna devijacija vrijednosti mase uzorka, vrijednost masene koncentracije uzorka, vrsta obrade drva) na vrijeme potrebno za pouzdano sakupljanja uzorka i njegovo pouzdano vaganje. Na temelju postojećih vrijednosti masenih koncentracija ($N=369$) dobiveni rezultati su pokazali da je sakupljanje lebdećih čestica bilo pouzdanije mjernom opremom B koja je novije proizvodnje od opreme A. Za obje vrste mjerne opreme pouzdanost sakupljanja respirabilne frakcije veća je od pouzdanosti sakupljanja ukupne prašine te je potrebno dulje sakupljati lebdeće čestice ukoliko je zapašenost okolnog zraka manja.</p>

SADRŽAJ

1. UVOD	1
1.1 Dosadašnja istraživanja problematike drvene prašine u drvnoj industriji.....	1
1.1.1. Doprinos Pravilnika o zaštiti radnika od rizika zbog izloženosti karcinogenim i/ili mutagenim tvarima (NN 40/2007)	4
1.1.2 Tehničke mjere prevencije i smanjenja izloženosti drvnoj prašini tvrdih vrsta drva.....	6
1.1.3 Doprinos Norme Atmosfere radnih prostora-Smjernice za uzorkovanje inhalabilnih, torakalnih i respirabilnih frakcija aerosola (HRN CEN/TR 15230:2005)	9
2. CILJ ISTRAŽIVANJA.....	11
3. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA	12
3.1. OPIS UVJETA DOBIVANJA PODATAKA MJERENJEM OPREMOM A	12
3.2.1 Objekt mjerenja mjernom opremom A	12
3.1.2 Opis mjerne metode opremom A	14
3.2 OPIS UVJETA DOBIVANJA PODATAKA MJERENJEM OPREMOM B	17
3.2.1 Objekt mjerenja mjernom opremom B	17
3.2.2 Opis mjerne metode opremom B	17
3.3 Statistička metoda obrade podataka	19
4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA	20
4.1 Rezultati određivanja stupnjeva pronalaženja uzorka i količine uzorka	20
4.1.2 Rezultati određivanja stupnjeva pronalaženja uzorka i količine uzorka mjernom opremom B.....	34
4.2 Rezultati analize utjecaja vrste mjernih uređaja na stupnjeve pronalaženja uzorka i količine uzorka	37
4.2.1 Rezultati analize utjecaja vrste mjernih uređaja za sakupljanje respirabilne frakcije čestica.....	37
4.2.2 Rezultati analize utjecaja vrste mjernih uređaja za sakupljanje ukupne prašine	38
4.3 Rezultati analize utjecaja stvarnog vremena sakupljanja uzoraka na stupnjeve pronalaženja uzorka i količine uzorka	38
4.4. Rezultati analize utjecaja vrijednosti masene koncentracije na pozdanost sakupljanja uzorka drvene prašine.....	41
4.4.1 Rezultati analize povezanosti masene koncentracije i stvarnog vremena sakupljanja uzoraka.....	41
4.4.2 Rezultati analize povezanosti masene koncentracije i potrebnog trajanja sakupljanja mjernom opremom A	42
4.4.3 Rezultati analize povezanosti masene koncentracije i potrebnog trajanja sakupljanja mjernom opremom B	42

5. ZAKLJUČAK.....	46
6.LITERATURA	47

POPIS SLIKA

Slika 3.1 Shematski prikaz tlocrta stolarije

Slika 3.2 Izgled radnika s naramenicama i pričvršćenim sakupljačima

Slika 3.3 Mjerna oprema A za sakupljanje respirabilnih čestica

Slika 3.4 Držač filtra za sakupljanje ukupne prašine

Slika 3.5 Filtri sa zaštitnom folijom

Slika 3.6. Držač filtera respirabilne frakcije i ukupne prašine

Slika 3.7 Mjerna oprema B

Slika 4.1 Dijagram povezanosti stupnja pronalaženja uzorka i količine uzorka sa stvarnim vremenom sakupljanja respirabilne frakcije mjernom opremom A

Slika 4.2 Dijagram povezanosti stupnja pronalaženja uzorka i količine uzorka sa stvarnim vremenom sakupljanja ukupne prašine mjernom opremom A

Slika 4.3 Dijagram povezanosti stupnja pronalaženja uzorka i količine uzorka sa stvarnim vremenom sakupljanja respirabilne frakcije mjernom opremom B

Slika 4.4 Dijagram povezanosti stupnja pronalaženja uzorka i količine uzorka sa stvarnim vremenom sakupljanja ukupne prašine mjernom opremom B

Slika 4.5 Dijagram povezanosti stupnja pronalaženja uzorka s masenom koncentracijom respirabilne frakcije i ukupne prašine sakupljene mjernom opremom A

Slika 4.6 Dijagram povezanosti stupnja količine uzorka s masenom koncentracijom respirabilne frakcije i ukupne prašine sakupljene mjernom opremom A

Slika 4.7 Dijagram povezanosti stupnja pronalaženja uzorka s masenom koncentracijom respirabilne frakcije i ukupne prašine sakupljene mjernom opremom B

Slika 4.8 Dijagram povezanosti stupnja količine uzorka s masenom koncentracijom respirabilne frakcije i ukupne prašine sakupljene mjernom opremom B

POPIS TABLICA

Tablica 3.1. Broj uzoraka uzetih s mjernih mjesta u tvornici

Tablica 3.2 Broj uzoraka uzetih u stolariji

Tablica 4.1. Stupnjevi pronalaženja uzorka i količine uzorka respirabilne frakcije hrastovine na radnom mjestu pored kružne pile u tvornici

Tablica 4.2. Stupnjevi pronalaženja uzorka i količine uzorka respirabilne frakcije hrastovine na radnom mjestu pored tračne brusilice u tvornici

Tablica 4.3. Stupnjevi pronalaženja uzorka i količine uzorka respirabilne frakcije iverice na radnom mjestu pored dvolisne kružne pile u tvornici

Tablica 4.4. Stupnjevi pronalaženja uzorka i količine uzorka respirabilne frakcije vlaknatica na radnom mjestu pored jednolisne kružne pile u tvornici

Tablica 4.5. Stupnjevi pronalaženja uzorka i količine uzorka respirabilne frakcije iverice na radnom mjestu pored jednolisne kružne pile u tvornici

Tablica 4.6. Stupnjevi pronalaženja uzorka i količine uzorka respirabilne frakcije bukovine na radnom mjestu pored tračne pile u tvornici

Tablica 4.7. Stupnjevi pronalaženja uzorka i količine uzorka respirabilne frakcije bukovine na radnom mjestu pored stolne glodalice u tvornici

Tablica 4.8. Stupnjevi pronalaženja uzorka i količine uzorka respirabilne frakcije hrastovine na radnom mjestu pored ravnalice u tvornici

Tablica 4.9. Stupnjevi pronalaženja uzorka i količine uzorka respirabilne frakcije u pogonu montaže pločastog namještaja tvornice

Tablica 4.10. Stupnjevi pronalaženja uzorka i količine uzorka respirabilne frakcije u salonu pločastog namještaja tvornice

Tablica 4.11. Stupnjevi pronalaženja uzorka i količine uzorka respirabilne frakcije iverice na kružnoj pili u stolariji

Tablica 4.12. Stupnjevi pronalaženja uzorka i količine uzorka respirabilne frakcije jelovine na ravnalici u stolariji

Tablica 4.13. Stupnjevi pronalaženja uzorka i količine uzorka respirabilne frakcije bukve na kružnoj pili u stolariji

Tablica 4.14. Stupnjevi pronalaženja uzorka i količine uzorka respirabilne frakcije ukupne prašine iverice na lamelo glodalici u stolariji

Tablica 4.15. Stupnjevi pronalaženja uzorka i količine uzorka ukupne prašine hrastovine na radnom mjestu pored kružne pile u tvornici

Tablica 4.16. Stupnjevi pronalaženja uzorka i količine uzorka ukupne prašine hrastovine na radnom mjestu pored tračne brusilice u tvornici

Tablica 4.17. Stupnjevi pronalaženja uzorka i količine uzorka ukupne prašine iverice na radnom mjestu pored dvolisne kružne pile u tvornici

Tablica 4.18. Stupnjevi pronalaženja uzorka i količine uzorka ukupne prašine vlaknatica na radnom mjestu pored jednolisne kružne pile u tvornici

Tablica 4.19. Stupnjevi pronalaženja uzorka i količine uzorka ukupne prašine iverice na radnom mjestu pored jednolisne kružne pile u tvornici

Tablica 4.20. Stupnjevi pronalaženja uzorka i količine uzorka ukupne prašine bukovine na radnom mjestu pored tračne pile u tvornici

Tablica 4.21. Stupnjevi pronalaženja uzorka i količine uzorka ukupne prašine bukovine na radnom mjestu pored stolne glodalice u tvornici

Tablica 4.22. Stupnjevi pronalaženja uzorka i količine uzorka ukupne prašine hrastovine na radnom mjestu pored ravnalice u tvornici

Tablica 4.23. Stupnjevi pronalaženja uzorka i količine uzorka ukupne prašine iverice na radnom mjestu u montaži namještaja

Tablica 4.24. Stupnjevi pronalaženja uzorka i količine uzorka ukupne prašine iverice u salonu pločastog namještaja

Tablica 4.25. Stupnjevi pronalaženja uzorka i količine uzorka ukupne prašine iverice na kružnoj pili u stolariji

Tablica 4.26. Stupnjevi pronalaženja uzorka i količine uzorka ukupne prašine jelovine na ravnalici u stolariji

Tablica 4.27. Stupnjevi pronalaženja uzorka i količine uzorka ukupne prašine bukve na kružnoj pili u stolariji

Tablica 4.28. Stupnjevi pronalaženja uzorka i količine uzorka ukupne prašine iverice na lamelo glodalici u stolariji

Tablica 4.29. Stupnjevi pronalaženja uzorka i količine uzorka respirabilne frakcije za stolariju F

Tablica 4.30. Stupnjevi pronalaženja uzorka i količine uzorka respirabilne frakcije za stolariju G

Tablica 4.31. Stupnjevi pronalaženja uzorka i količine uzorka ukupne frakcije za stolariju F

Tablica 4.32. Stupnjevi pronalaženja uzorka i količine uzorka ukupne frakcije za stolariju G

Tablica 4.33 Rezultati testiranja razlika stupnjeva pronalaženja uzorka i stupnjeva količine uzorka respirabilnih čestica za obje vrste mjerne opreme

Tablica 4.34 Statistički obrađeni stupnjevi pronalaženja uzoraka ($t_{\min P}$) i stupnjevi količine uzorka ($t_{\min K}$) ukupne prašine za obje vrste mjerne opreme

Tablica 4.35 Statistički obrađena stvarna vremena sakupljanja uzoraka sa stupnjevima pronalaženja uzoraka ($t_{\min P}$) i količine uzorka ($t_{\min K}$) respirabilne frakcije i ukupne prašine za mjernu opremu A i B

Tablica 4.36 Statistički obrađene masene koncentracije (m_c) u korelaciji sa stupnjevima pronalaženja uzoraka ($t_{\min P}$) i količine uzorka ($t_{\min K}$) respirabilne frakcije i ukupne prašine za mjernu opremu A

Tablica 4.37 Statistički obrađene masene koncentracije (m_c) u korelaciji sa stupnjevima pronalaženja uzoraka ($t_{\min P}$) i količine uzorka ($t_{\min K}$) respirabilne frakcije i ukupne prašine za mjernu opremu B

PREDGOVOR

Zahvaljujem svojoj mentorici, izv. prof. dr. sc. Anki Ozani Čavlović na ukazanom povjerenju i pruženoj pomoći tijekom izrade diplomskog rada. Zahvalio bih se i doc. dr. sc. Maja Moro za pomoć kod statističke obrade rezultata. Također se zahvaljujem kolegama i prijateljima na pruženoj pomoći i podršci tijekom cijelog studiranja.

Od srca zahvaljujem svojoj obitelji na pruženoj potpori tijekom studija.

Josip Ožegović

1. UVOD

Danas se premalo pridodaje pažnje izloženosti radnika drvnj prašini, te je vrlo malo gospodarstvenika i vlasnika drvnih industrija uopće svjesno kancerogenosti drvne prašine jer se drvo predstavlja kao prirodan, iznimno ekološki materijal. Samim time teško je zamisliti da usitnjavanje tog materijala na manje frakcije i lebdenje tih istih frakcija te dugogodišnja izloženost drvnj prašini na radnom mjestu može dugoročno izazivati bolesti, koje nikako ne možemo okarakterizirati kao bezazlene. Zato drvna industrija pošto ima prirodan, obnovljiv i oporabljiv materijal trebala još više pozornosti usmjeriti ka što čistijoj proizvodnji.

Čistija proizvodnja je kontinuirana primjena sveobuhvatne preventivne strategije zaštite okoliša na proizvodni proces, proizvod i usluge s ciljem povećanja učinkovitosti i smanjenja rizika za ljude i okoliš. Za proizvodni proces, „čistija proizvodnja“ uključuje efikasnije korištenje sirovina i energije, zamjenu ili smanjenje korištenja otrovnih i opasnih tvari te smanjenje emisija i otpada na samom mjestu nastanka.

Za proizvode, strategija „čistija proizvodnja“ prvenstveno se primjenjuje na smanjivanje utjecaja tijekom cijelog životnog ciklusa proizvoda i usluga, od dizajna i upotrebe do konačnog odlaganja. Korist od primjene tehnika i mjera čistije proizvodnje je dvostruka: kroz povećanu efikasnost proizvodnje štede se sirovine i energija i tako ostvaruju financijske uštede, a izbjegavanjem stvaranja otpada i sprečavanjem emisija doprinosi se zaštiti okoliša.

Poznati su (4R) principi proizvodnje sustava upravljanja okolišem: smanjiti (otpad, ispušte i emisije), ponovo upotrijebiti (ambalažu i dr.), vratiti ponovno u proizvodni proces (oporabiti ili reciklirati) i zamijeniti štetne procese, proizvode, sirovine, energente (Čavlović, 2012).

1.1 Dosadašnja istraživanja problematike drvne prašine u drvnj industriji

Godine 1965. u Engleskoj je po prvi put istraživana štetnost drvne prašine u radnoj okolini nakon pojave prvih dokazanih oboljenja od karcinoma nosa i nosne šupljine uzrokovanih radom u drvoprerađivačkim pogonima. Još od 1960-ih godina postoji sumnja da drvna prašina uzrokuje tumor. Mjerenja u svijetu su mjerodavna nakon 1970-tih godina, mada se za prijašnje koncentracije zbog načina preradbe pretpostavlja da su još i veće zbog malih

korisnosti lokalnog odsisa i nedostatka kontrolnih mjerenja zaprašenosti (Puntarić i dr., 2005).

Prašinom se nazivaju čestice veličine do 0,1 mm (100µm) koje su se sposobne kretati dulje vrijeme u lebdećem stanju. Međutim, u praksi prerade drva nema jasnog razgraničenja te se prašinom smatraju i nešto krupnije čestice (Svjatkov, 1969).

Godine 1985. njemačko istraživačko udruženje DFG (Deutsche Forschungsgemeinschaft) svrstava drvenu prašinu hrastovine i bukovine u kancerogenu. Prašina hrastovine i bukovine predstavlja rizik obolijevanja od adenokarcinoma nosa i nosne šupljine. Međunarodna agencija za istraživanje karcinoma (IARC) 1995. godine drvenu prašinu svrstava u 1. skupinu kancerogena a radnike izložene utjecaju drvene prašine dijeli u grupe prema stupnju zaprašenosti radnog mjesta i pouzdanosti dokaza obolijevanja. Zbog obolijevanja od karcinoma u 1. skupinu izloženih riziku svrstava radnike proizvodnje namještaja u tvornicama i stolarijama. S nešto manje rizika i dokaza slijedi skupina radnika u primarnoj preradi drva, tesari i šumski radnici. Smjernice Europske Zajednice (Council Directive 2004/37/EC) o zaštiti radnika od rizika izlaganja kancerogenim i mutagenim tvarima navodi tvrde vrste drva kao takve tvari. Do sada su mnogi autori ispitivali mogući kancerogeni potencijal elemenata same drvene tvari umjerenog klimatskog pojasa (aldehide, flavonoide, tanine i druge).

Meke vrste drva sadrže kemijske iritanse i dermatite - monoterpene, smolne kiseline i kolofonij koji uzrokuju alergijske pojave i astmu. U odnosu na domaće vrste drva umjerenog klimatskog područja, tropske vrste drva sadrže mnogo kemijskih tvari vrlo jakog biološkog učinka (alkaloidi, kardiotonički steroidi-glikozidi, fenoli, dušični spojevi, terpentinov eter, smolaste i karbonske kiseline, stilbeni i druge). Iroko, makore, mansonija, peroba, teak i palisander samo su neke poznatije vrste egzota koje bi trebalo isključiti iz proizvodne uporabe zbog njihove toksičnosti, alergenosti, iritativnosti i karcinogenosti. .

Alergijske pojave na koži radnika izazivaju, abahi, kambala, mahagonij, meranti (egzote) te bor, jela, borovica, breza, lipa (neegzote). Pojavu astme uzrokuju vrste kesten, hrast, bor, smreka, bagrem, kambala, abahi, crveni cedar i druge. Istraživači IARC-a (1994) svrstavaju drvenu prašinu u I. grupu karcinogena. Veći rizik dolazi od drvene prašine tvrdih vrsta drva nego od mekih (Čavlović, 2012).

Rad zračnih konvejera u drvnoprerađivačkim pogonima za finalnu obradu popraćen je onečišćenjem okolnog zraka na radnim mjestima. Istraživanja su razine zaprašenosti u odnosu prema propisanim graničnim vrijednostima koncentracija te utjecaj odsisnih uređaja, radnih strojeva i vrsta obrađivanog materijala, pokazala da uporaba zračnog konvejera kao otprašivača znatno smanjuje masenu koncentraciju zaprašenosti okolnoga zraka u odnosu na dopuštene vrijednosti. Isto tako, dvostrani rubnik (profiler) ispušta više prašine od vertikalne i širokotračne

brusilice, a širokotračna brusilica od vodoravne. Prema novim i starim njemačkim normama te podacima za ukupnu prašinu ručna tračna brusilica zaprašuje više od tanjuraste. Obradbom se bukovine i pločastih materijala više zaprašuje respirabilnom frakcijom nego obradbom smrekovine. (Kos i dr., 1999).

Kakvoća se rada odsisnoga uređaja kombiniranog radnog stroja povezuje sa zaprašenošću radnog prostora odnosno količinom neodsisa drvnih čestica. Kraći se prekidi u radu stroja pojavljuju za vrijeme podešavanja ili promjene alata, premještanja ušća, određivanja obratka te čišćenja radne plohe stroja ispuhivanjem i odsisom čestica. To djelovanje, uz kakvoću otprašivanja, ima dodatni utjecaj na zaprašenost radnog prostora. Zapažanja se posebno odnose na respirabilnu frakciju drvnih čestica koje satima lebde u zraku i lako se udišu, a čije su vrijednosti za vrijeme rada stroja u obje stolarije iznosile preko dopuštenih 1 mg/m^3 , (prema starom Pravilniku) te mnogo više za vrijeme kraćih prekida rada stroja. Nezadovoljavajuća kakvoća otprašivanja i potreba za dodatnim čišćenjem radne plohe stroja, neprimjerenim rastjerivanjem čestica u okolicu, upućuju na potrebu traženja boljih rješenja (Kos i dr., 2000).

Tijekom 17 godina u Kanadi osobnim sakupljačima mjerena je izloženost radnika drvnoj prašini mekog drva na pojedinim radnim mjestima u pilani. Od 1981. do 1997. povećan je obim posla i produktivnost a time i izloženost sa $0,02 \text{ mg/m}^3$ na $0,34 \text{ mg/m}^3$. Povećanje izloženosti moglo je biti i veće ali su istodobno razvijana i sredstva kontrole i zaštite od povećane izloženosti drvnoj prašini. Veća je izloženost radnih mjesta u zatvorenom nego na otvorenom. Klimatski uvjeti imaju utjecaj na zaprašenost zbog provjetravanja prostorije prirodnom ventilacijom ukoliko nisu hladne zime (Hall i dr., 2002).

Istraživanja su pokazala da je utjecaj vrste materijala na zaprašenost znatan, no manji je od utjecaja vrste stroja i parametara obradbe. U tvornici namještaja izmjerena je viša masena koncentracija respirabilnih drvnih čestica uz tračnu brusilicu nego pokraj kružnih pila, a oba stroja mnogo više zaprašuju prostor od ostalih istraživanih strojeva u pogonu strojne obradbe drva – od stolne glodalice, tračne pile i ravnalice. Izmjerena masena koncentracija respirabilnih čestica u stolariji bitno je viša pokraj kružnih pila nego uz ravnalicu i lamelo glodalicu. Ukupne je prašine najmanje bilo pokraj ravnalice. U tvornici namještaja pri obradbi vlaknatica jednolisnom kružnom pilom izmjerena je viša masena koncentracija respirabilnih čestica nego pri obradbi iverice. U stolariji, usporedbom izmjerene masene koncentracije respirabilne odnosno ukupne drvne prašine pri obradbi bukovine i iverice jednolisnom kružnom pilom nisu dobivene signifikantne razlike. Svojstva alata i kinematika strojeva više utječu na masenu koncentraciju respirabilnih čestica u okolnom zraku stroja nego na ukupnu zaprašenost, a kakvoća odsisa više utječe na smanjenje ukupne zaprašivosti pokraj stroja (Kos, 2002).

Isti autor objavljuje podatke o opasnosti izlaganja drvnoj prašini i mogućnosti rješavanja problema zapašenosti radnih mjesta te graničnim vrijednostima koncentracije drvene prašine u radnom prostoru. Iznose različite propise koji govore o drvu kao kancerogenoj tvari, ali zbog nedostatka dokaza i o prestanku svrstavanja netretiranog drva bukovine i hrastovine u I. skupinu kancerogena (Kos i dr., 2002).

Istraživanja u većini skandinavskih zemalja pokazuju da se pojave iritacija i alergija događaju bez obzira što izmjerene vrijednosti masene koncentracije drvene prašine ne prekoračuju granične vrijednosti domaćih propisa (Rosenberg i dr. 2002).

Dosadašnjim istraživanjem izloženosti radnika drvnoj prašini na radnom mjestu, kako kod nas tako i u drugim državama svijeta, određivale su se masene koncentracije respirabilnih čestica i ukupne prašine. Zbog značajnog broja već postojećih podataka o izloženostima, u europskim zemljama traži se masena koncentracija inhalabilne frakcije ekvivalentna masenoj koncentraciji ukupne prašine. Takva je relacija omogućila da se čak 234 masene koncentracije ukupne prašine tvrdih vrsta drva, dobivenih dosadašnjim istraživanjem izloženosti radnika u RH, može usporediti s graničnim vrijednostima za inhalabilnu frakciju. S obzirom da rezultati dosadašnjih istraživanja pokazuju kako je na više od polovine radnih mjesta izloženost veća od propisane granične vrijednosti, skreće se pažnja na drvoprerađivačkoj praksi na doneseni Pravilnik o zaštiti radnika od rizika zbog izloženosti kancerogenim i/ili mutagenim tvarima (NN 40/2007) koji određuje obveze poslodavaca i povjerenika radnika za zaštitu na radu a koje se odnose na moguće mjere prevencije i smanjenja izlaganja drvnoj prašini kao i na informiranje i osposobljavanje radnika te njihov zdravstveni nadzor (Čavlović i dr., 2010).

1.1.1. Doprinos Pravilnika o zaštiti radnika od rizika zbog izloženosti karcinogenim i/ili mutagenim tvarima (NN 40/2007)

Pravilnikom o zaštiti radnika od rizika zbog izloženosti karcinogenim i/ili mutagenim tvarima NN 40/2007 u potpunosti je prihvaćena Europska smjernica 2004/37/EC (*Council Directive on the protection of workers from the risk related to exposure to carcinogens or mutagens at work*). Pravilnik o zaštiti radnika od rizika zbog izloženosti karcinogenim i/ili mutagenim tvarima (NN 40/2007) odnosi se na aktivnosti u kojima radnici jesu ili će biti izloženi karcinogenim tvarima kao posljedica rada i to pri njihovoj uporabi, proizvodnji, skladištenju, obradi, preradi, uklanjanju, uništavanju i sličnim aktivnostima.

Drvna prašina nastaje postupcima usitnjavanja drva, piljenjem, blanjanjem, brušenjem drva i sličnim postupcima. Nataložena prašina prenosi se iz proizvodnih prostorija u neproizvodne sve

do trgovine namještaja. Drvna prašina dodatno se uskovitlava na radnom mjestu prilikom radnih operacija ili zbog nepropisnog čišćenja radnog mjesta.

Pravilnikom NN 40/07 propisana je granična vrijednost (GV) za inhalabilnu frakciju tvrdih vrsta drva od 5 mg/m^3 (uz napomenu da u Pravilniku umjesto pojma inhalabilna frakcija stoji definicija „prašina koju je moguće udahnuti“). Granična vrijednost se odnosi na prašinu u kojoj se uz prašinu tvrdih vrsta drva nalaze i prašine drugih vrsta drva. Masene koncentracije za usporedbu s GV određuju se tijekom 8 radnih sati.

S obzirom da rezultati dosadašnjih istraživanja pokazuju kako je na više od trećine odnosno polovine radnih mjesta izloženost veća od propisane granične vrijednosti, skreće se pažnja drvoprerađivačkoj praksi na doneseni Pravilnik o zaštiti radnika od rizika zbog izloženosti karcinogenim i/ili mutagenim tvarima (NN 40/2007) koji određuje obveze poslodavaca i povjerenika radnika za zaštitu na radu a koje se odnose na moguće mjere prevencije i smanjenja izlaganja drvnoj prašini kao i na informiranje i osposobljavanje radnika te njihov zdravstveni nadzor.

Drvna prašina tvrdih vrsta drva je karcinogena tvar. Slijedom dosadašnjih istraživanja i međunarodnih dokumenata i ovaj Pravilnik svrstava prašinu tvrdih vrsta drva u karcinogenu tvar 1. skupine.

Procjena rizika obveza je poslodavaca u skladu s odredbama Pravilnika o izradi procjene opasnosti (NN 126/2003). Ovim Pravilnikom poslodavac se obvezuje procijeniti opasnost po sigurnost i zdravlje radnika prema odredbama Pravilnika o izradi procjene opasnosti (NN 126/2003). Posebno treba obratiti pažnju na radna mjesta na kojima izloženost prekoračuje granične vrijednosti.

Procjene rizika bi se trebale redovito ponavljati pogotovo u slučaju promjene radnih uvjeta koji mogu rezultirati povećanom izloženosti karcinogenim i mutagenim tvarima.

Problematika smanjenja i zamjene uporabe hrastovine i bukovine u drvoprerađivačkoj djelatnosti . Prema Pravilniku NN 40/07 poslodavac mora:

- zamijeniti karcinogene tvari bezopasnim ili manje opasnim tvarima;
- smanjiti korištenje karcinogenih tvari na najmanju moguću mjeru;
- ispuštanje ili oslobađanje kancerogenih tvari na radnom mjestu izbjeći ili smanjiti na najmanju moguću mjeru;
- osigurati da je broj izloženih radnika što manji.

Za razliku od Pravilnika o maksimalno dopustivim koncentracijama (MDK) štetnih tvari u atmosferi radnih prostorija i prostora i o biološkim graničnim vrijednostima (BGV) (NN

92/1993) novim Pravilnikom (NN 40/2007) ne ističe se karcinogenost prašine hrastovine i bukovine nego se karcinogenom tvari naziva prašina svih tvrdih vrsta drva a granična vrijednost odnosi se na prašinu u kojoj se uz prašinu tvrdih vrsta drva nalaze i prašine drugih vrsta drva. Ipak, treba imati u vidu da izloženost prašini hrastovine i bukovine predstavlja poseban rizik obolijevanja od adenokarcinoma nosa i nosne šupljine.

Njemački propis "TGRS Holzstaub" iz 1992. godine preporučuje uporabu zamjenskih vrsta drva gdje god je to moguće kako bi se u ukupnoj preradi uporaba hrastovine i bukovine smanjila do 10 %. I Pravilnik (NN 40/2007) propisuje da poslodavac mora zamijeniti uporabu karcinogenih tvari na radnom mjestu manje opasnim tvarima. Ukoliko to nije tehnički moguće karcinogene tvari potrebno je smanjiti na najmanju moguću mjeru. S obzirom da u Republici Hrvatskoj tvrde vrste drva, pogotovo hrastovina i bukovina, predstavljaju i do 70 % domaće prerade, bilo bi gotovo nemoguće postići visok stupanj zamjene u preradi tih dviju najzastupljenijih vrsta drva s nekom drugom, manje štetnom vrstom drva. Zastupljenost vrste drva u preradi svakako ovisi o šumskoj sirovini s kojom primarna prerada drva raspolaže.

Značajne tehničke mjere prevencije i smanjenja izloženosti drvnoj prašini tvrdih vrsta drva također su propisane pravilnikom (NN 126/2003). U slučaju da rezultati procjene opasnosti dokazuju postojanje rizika po radnikovo zdravlje i sigurnost, poslodavac mora planiranjem radnih postupaka i organizacijskim mjerama spriječiti izloženost radnika koja prelazi graničnu vrijednost od 5 mg/m^3 za inhalabilnu frakciju tvrdih vrsta drva.

Ukoliko je izloženost drvnoj prašini veća od dozvoljene, prema Pravilniku poslodavac mora osigurati što manji broj izloženih radnika na tim radnim mjestima, da rad nije normiran, ne traje više od 40 sati tjedno te ne sadrži prekovremene sate. Za ilustraciju treba ponoviti da bi se, prema dosadašnjim istraživanjima, to odnosilo na trećinu odnosno polovinu istraživanih radnih mjesta (Čavlović i dr., 2010).

1.1.2 Tehničke mjere prevencije i smanjenja izloženosti drvnoj prašini tvrdih vrsta drva

A. Primjena zatvorenih sustava prerade drva

U slučaju da nije tehnički moguće zamijeniti uporabu karcinogene tvari sa manje štetnim tvarima, poslodavac mora osigurati, što je više tehnički moguće, prerađivanje unutar zatvorenog sustava. Ovo se odnosi na uvjete prerade primjenom različitih vrsta strojeva zatvorenih u kabinama s ugrađenim odsisnim sustavom.

Gdje primjena zatvorenog sustava nije moguća, poslodavac mora drugim mjerama osigurati da razina izloženosti radnika bude smanjena na najnižu moguću mjeru unutar tehničkih mogućnosti.

B. Uporaba i nadzor djelotvornosti rada odsisnog sustava

Prema ovom Pravilniku poslodavac mora osigurati izvlačenje karcinogenih tvari s izvora nastanka, lokalnim odsisom ili ventilacijskim sustavom, s tim da metode odsisa budu u skladu sa zaštitom javnog zdravlja i okoliša. Poslodavac mora osigurati način sigurnog skupljanja, skladištenja, rukovanja i transportiranja drvnom prašinom. Odsisani zrak koji sadrži prašinu tvrdih vrsta drva ne smije se ponovo dovoditi u radnu okolinu. Odsisani zrak može se ponovo dovesti u radnu okolinu ako je prethodno očišćen od svih karcinogenih tvari i to filterskim odvajačima vrlo visoke učinkovitosti odvajanja. Poslodavac najmanje jednom godišnje mora osigurati nadzor djelotvornosti odsisnog sustava.

C. Inženjerska kontrola mjerenja izloženosti na radnom mjestu

Prema Pravilniku, poslodavac osim što mora osigurati povremena mjerenja koncentracije karcinogenih tvari na radnom mjestu od strane nadležnih osoba, isto tako mora izraditi mjere inženjerske kontrole emisija u vidu kontinuiranog pogonskog mjerenja izloženosti radnika drvnoj prašini.

D. Higijenske mjere i osobna zaštita

Svakodnevno provođenje jednostavnih higijenskih mjera i uporaba osobne zaštitne opreme znatan je doprinos prevenciji i smanjenju izloženosti drvnoj prašini na radnom mjestu. Upravo ove mjere otvaraju najveći prostor djelovanja u domaćoj drvoprerađivačkoj praksi. Prema Pravilniku poslodavac mora poduzeti prikladne higijenske mjere kojima će osigurati da radnici ne jedu, piju ili puše u radnom prostoru gdje su izloženi karcinogenoj tvari odnosno drvnoj prašini. Poslodavac također mora provesti označavanje radnih prostorija uz uporabu znakova upozorenja i opasnosti, uključujući i oznake „zabranjeno pušenje“ i „zabranjeno držanje odnosno konzumiranje hrane i pića“ u području gdje su ili će radnici tek biti izloženi karcinogenoj tvari.

Poslodavac je obavezan:

- radnika opremiti zaštitnom odjećom i osobnom zaštitnom opremom
- osigurati zaseban prostor za odlaganje radne ili zaštitne odjeće odvojeno od dnevne radnikove odjeće
- radniku osigurati prikladan prostor za pranje ili tuširanje
- osigurati prikladno držanje osobne zaštitne opreme na jasno označenom mjestu te osigurati njeno provjeravanje i čišćenje, prije i poslije uporabe
- osigurati popravljavanje neispravne osobne zaštitne opreme ili zamijenu prije daljnje uporabe.

Radnici ne smiju snositi troškove navedenih higijenskih mjera niti troškove osobne zaštitne opreme. Higijenske mjere posebno se odnose na redovito čišćenje podova, zidova i drugih površina. Poslodavac mora osigurati da se redovito čiste radni prostori u kojima se pri radu koriste karcinogene tvari. Metenje i provjetravanje u tim prostorima je zabranjeno. Njemački propisi su još 1992. zabranili čišćenje radnog mjesta metenjem i stlačenim zrakom i propisali obavezu uporabe lokalnih usisavača. Zbog važnog učinka dobrih i svakodnevnih higijenskih navika na smanjenje izloženosti drvnoj prašini, poslodavac mora prema Pravilniku osigurati informiranje i osposobljavanje radnika za rad u doticaju s karcinogenom tvari.

E. Informiranje i edukacija radnika

Poslodavac mora osigurati da radnici koji su izloženi drvnoj prašini na radnom mjestu budu osposobljeni za takve poslove a posebice vezano za:

- potencijalnu opasnost po zdravlje, uključujući dodatnu opasnost zbog pušenja

Mjere opreza koje treba poduzeti radi sprječavanja ili smanjenja izlaganja drvnoj prašini

- higijenske zahtjeve
- nošenje i uporaba zaštitne odjeće i osobne zaštitne opreme.

Poslodavac mora za radnike prije nastupanja na posao s ugovorenim specijalistom medicine rada provesti edukaciju o zaštiti zdravlja pri radu s karcinogenim tvarima u skladu s utvrđenim programom Hrvatskog zavoda za medicinu rada.

Poslodavac mora radnike prije nastupanja na posao detaljno upoznati s uređajima za preradu, doradu ili transport karcinogene tvari. U drvoprerađivačkim pogonima radnike treba posebno educirati o postojećim tehničkim mjerama prevencije i smanjenja izloženosti drvnoj prašini a posebno o radu zatvorenog sustava prerade drva i djelotvornosti odsisnog sustava drvne prašine.

Zdravstveni nadzor radnika

Poslodavac mora osigurati preventivne zdravstvene preglede radnika prije početka rada i usmjerene periodičke zdravstvene preglede jednom godišnje.

I uslijed svakodnevne povećane izloženosti radnika drvnoj prašini, karcinom nosne šupljine događa se relativno rijetko, razvoj bolesti vrlo je spor i brojna istraživanja pokazuju da latentno razdoblje traje od 20 do 45 godina. Iz tog razloga, prema Pravilniku, individualna evidencija zdravstvenih pregleda mora se čuvati najmanje 40 godina nakon prestanka izlaganja.

Bez obzira na rijetke slučajeve obolijevanja od karcinoma nosne šupljine, zdravstveni nadzor je potreban zbog rizika od razvoja bolesti poput alergija, astme i dermatitisa (ostalih zdravstvenih smetnji pri radu zbog peckanja, žuljanja i svraba kože i sluzokože očiju, nosa, usta i ždrijela).

1.1.3 Doprinos Norme Atmosfere radnih prostora-Smjernice za uzorkovanje inhalabilnih, torakalnih i respirabilnih frakcija aerosola (HRN CEN/TR 15230:2005)

Pouzdanost sakupljanja drvene prašine za postupak određivanja masene koncentracije prašine iz okolnog zraka na radnom mjestu u drvnoj industriji, kao i svako drugo uzorkovanje lebdećih čestica određuje se važećim normama. Normom (HRN CEN/TR 15230:2005) definirano je trajanje pouzdanog sakupljanja uzorka (stupanj prikupljanja uzorka $t_{\min P}$) i trajanje sakupljanja za pouzdanost vaganja uzorka (stupanj količine uzorka $t_{\min K}$). Za pouzdano određivanje masene koncentracije potreban je veći broj uzoraka iz kojeg se uzima aritmetička sredina te određuje standardna devijacija. Kada je isključena svaka sustavna pogreška pri vaganju mase uzorka, norma smatra da vrijednost minimalnog vremena uzorkovanja za prikupljanje mjerljive količine tvari iznosi tri puta standardna devijacija izvaganih masa te se može izračunati prema jednadžbi (1):

$$t_{\min P} = 3000 * \frac{S_m}{m_c * Q} \quad (1)$$

Gdje je:

$t_{\min P}$ - stupanj pronalaženja uzorka, min

S_m - standardna devijacija svih masa uzoraka

Q - količina protoka, l/min

m_c - masena koncentracija, mg/m³

Slično, stupanj pronalaženja uzorka norma definira kao 10 puta veće standardne devijacije svih dobivenih masa uzoraka, što se može izračunati iz jednadžbe (2):

$$t_{\min K} = 10000 * \frac{S_m}{m_c * Q} \quad (2)$$

$t_{\min K}$ - stupanj količine uzorka, min

S_m - standardna devijacija masa uzoraka

Q - količina protoka, l/min

m_c - masena koncentracija, mg/m³

2. CILJ ISTRAŽIVANJA

Cilj ovog rada je analiza pouzdanosti mjerne metode određivanja masene koncentracije lebdećih drvnih čestica koja je vezana uz potrebnu količinu sakupljenih čestica na radnom mjestu, te koja ovisi o vremenu sakupljanja i mogućim greškama pri manipulaciji uzorcima i njihovu vaganju. S obzirom da postoji veliki broj dosadašnjih izmjera moguće je statistički odrediti stupanj pouzdanog pronalaženja uzorka i stupanj količine uzorka koji su definirani normom (Atmosfera radnih prostora – Smjernice za uzorkovanje inhalabilnih, torakalnih i respirabilnih frakcija aerosola (HRN CEN/TR 15230;2005)). Rezultati istraživanja mogu dati uvid u pouzdanost mjerne metode i određivanje optimalnog vremena sakupljanja uzoraka na radnom mjestu.

Cilj će se postići određivanjem utjecajnih čimbenika na stupanj pouzdanog pronalaženja uzorka i stupanj količine uzorka. Mogući utjecajni čimbenici su:

- vrsta mjernih uređaja
- stvarno vrijeme sakupljanja uzoraka
- standardna devijacija vrijednosti mase uzorka (rasipanje vrijednosti mase uzorka)
- vrijednost masene koncentracije uzorka (zapršenost radnog prostora)
- vrsta obrade drva
- vrste drva ili drvnog materijala.

3. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA

U ovom radu analizirane su pouzdanosti dviju vrsta mjerne opreme korištenih u dosadašnjim istraživanjima (Kos, 2002; Puntarić i dr., 2005). Analizirana su dva mjerenja napravljena s različitim uređajima u različitim uvjetima. Postojeći podaci ovdje su korišteni za izračun i statističku obradu.

3.1. OPIS UVJETA DOBIVANJA PODATAKA MJERNOM OPREMOM A

3.2.1 Objekt mjerenja mjernom opremom A

Mjerenja su obavljena u dvije različite drvnoindustrijske tvrtke - tvornici i stolariji. U tvornici su uzorci sakupljeni u tri prostorije: pogonu proizvodnje namještaja, prostoriji montaže pločastog namještaja i salonu gotovog namještaja. Mjerenja su u stolariji obavljena u njenoj glavnoj prostoriji strojne obradbe. Pojedini uzorak sakupljan je cijelog radnog dana uređajem kojeg radnik nosi na sebi. Sakupljanje uzoraka obavljeno je u razdoblju od 1999. do 2000. u Zagrebu i okolici. Mjerenja su u tvornici trajala 22 dana a u školskoj stolariji 20 dana.

Tvornica

Uzorci su respirabilnih čestica odnosno ukupne prašine u tvornici uzeti pored sedam različitih alatnih strojeva dok su se obrađivale četiri vrste materijala i to:

1. piljenje elemenata hrastovine debljine 20 mm poteznom kružnom pilom pod kutem od 45° na smjer vlakanaca,
2. brušenje pločastih elemenata furniranih hrastovim furnirom debljine 0,7 mm tračnom brusilicom,
3. piljenje dvolisnom kružnom pilom troslojne iverice debljine 18 mm i oplemenjene laminatnom folijom,
4. piljenje vlaknatice medijapan (MDF ploče) debljine 18 mm jednolisnom kružnom pilom,
5. piljenje jednolisnom kružnom pilom troslojne iverice debljine 18 mm i oplemenjene laminatnom folijom,
6. uzdužno piljenje elemenata bukovine debljine 20 mm tračnom pilom,
7. dvostruko uzdužno piljenje bukovih letvica (za izradu moždanika) debljine 20 mm stolnom glodalicom,
8. uzdužno ravnanje hrastovih elemenata širine 300 mm ravnalicom.

U tablici 3.1 naveden je broj uzoraka respirabilnih čestica i ukupne drvene prašine uzetih s mjernih mjesta u tvornici.

Tablica 3.1. Broj uzoraka uzetih s mjernih mjesta u tvornici

MJERNO MJESTO	Broj uzoraka r/u, <i>N</i>
1	11/12
2	12/15
3	8/8
4	8/9
5	11/10
6	11/12
7	10/10
8	12/11

Stolarija

Uzorci su respirabilnih čestica odnosno ukupne prašine u stolariji 1 uzeti pored četiri različita alatna stroja tijekom obrade tri vrste materijala kako slijedi:

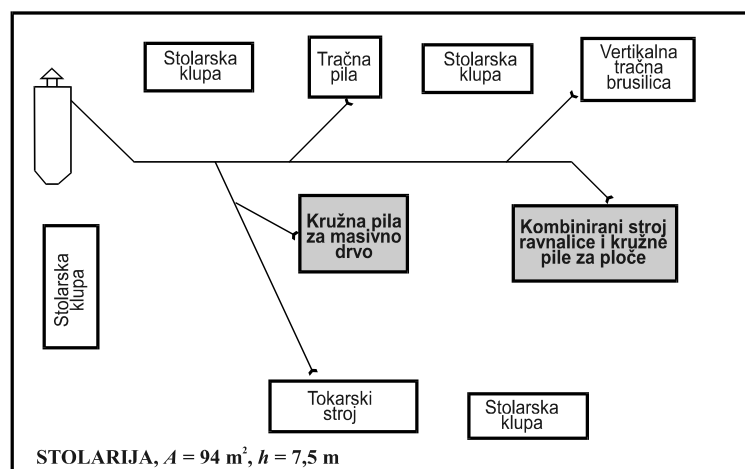
1. piljenje troslojne iverice debljine 19 mm (oplemenjena laminatnom folijom) kružnom pilom
2. ravnanje elemenata jelovine širine 180 mm ravnalicom
3. piljenje bukovih elemenata debljine 20 mm dvolisnom kružnom pilom
4. bušenje rupa dubine 22 mm u folijom oplemenjenoj troslojnoj iverici debljine 19 mm lamelo glodalicom.

U tablici 3.2 naveden je broj uzoraka respirabilnih (*r*) čestica odnosno ukupne (*u*) prašine te formaldehida uzetih sa mjernih mjesta u stolariji

Tablica 3.2 Broj uzoraka uzetih u stolariji

Mjerno mjesto	Broj uzoraka r/u, <i>N</i>
1	13/14
2	16/16
3	13/13
4	14/14

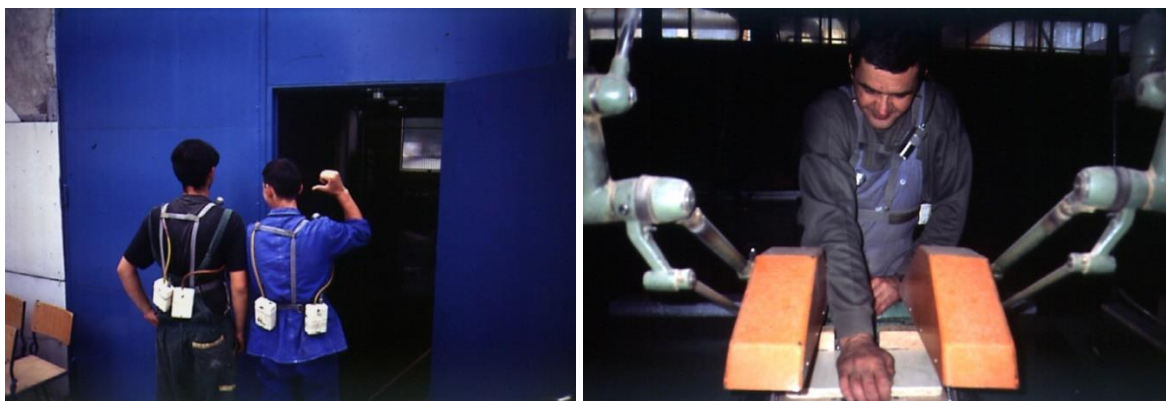
Na slici 3.1 shematski je prikazan tlocrt stolarije s rasporedom strojeva obuhvaćenih mjerenjem kao i podaci o ploštini i visini prostorije.



Slika 3.1 Shematski prikaz tlocrta stolarije

3.1.2 Opis mjerne metode opremom A

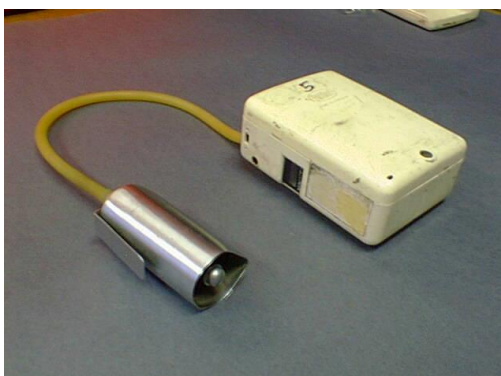
U tvornici i stolariji sakupljeno je ukupno 157 uzoraka respirabilne frakcije i 160 uzoraka ukupne drvene prašine. Masena koncentracija drvene prašine određena je gravimetrijskom metodom, vaganjem uzorka sakupljenoga filtracijom iz određene količine okolnoga zraka. Prikupljanje podataka vršeno je postavljanjem osobnih sakupljača na samog radnika koji ih je nosio cijelo radno vrijeme (slika 3.2). Ovisno o raspoloživom broju radnika i njihovom radnom mjestu, dnevno je mjereno s 5 – 6 parova sakupljača. Svaki se par sastojao od dva uređaja od kojih je jedan sakupljao respirabilnu frakciju lebdećih čestica, a drugi ukupnu prašinu.



Slika 3.2 Izgled radnika s naramenicama i pričvršćenim sakupljačima

a) sprijeda, b) straga

U svrhu izdvajanja respirabilne frakcije lebdećih čestica korišten je ciklon proizvodnje Casella (slika 3.3), kojeg krivulja odvajanja odgovara britanskim medicinskim standardima. Pumpu mjernog uređaja izradili su stručnjaci laboratorija Jedinice za higijenu rada Instituta za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb. Odabran je protok pumpe od 2 l/min. Na slici 3.4 prikazan je držač filtra za sakupljanje ukupne prašine.

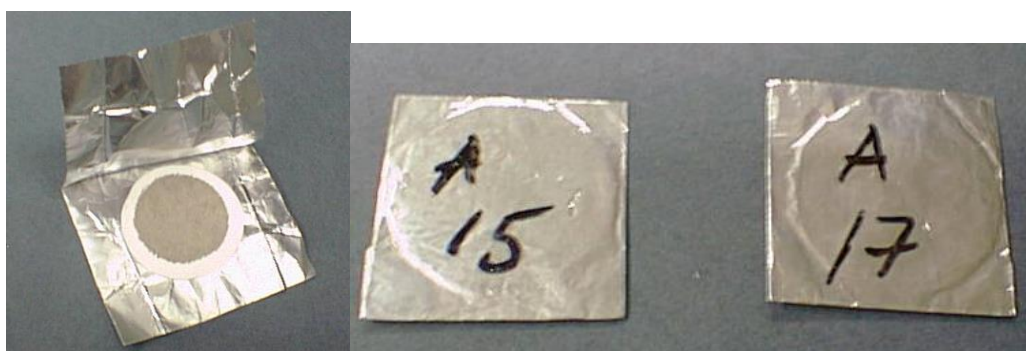


Slika 3.3 Mjerni uređaj A za sakupljanje respirabilnih čestica



Slika 3.4 Držač filtra za sakupljanje ukupne prašine

Kao medij za sakupljanje uzoraka uporabljeni su vlaknasti filtri koji se odlikuju visokom djelotvornošću odvajanja čestica iz zračne struje, malim otporom, visokom čistoćom i kemijskom inertnošću. S obzirom na higroskopnost materijala potrebno je filtre kondicionirati na stalnu vlažnost u eksikatoru u trajanju od 24 sata prije vaganja, odnosno prije i nakon uzimanja uzorka. Taj je postupak potreban zbog otklanjanja sistematske pogreške na koju utječe i količina vode koju prime lebdeće čestice drva iz okolnog zraka relativne vlažnosti 50 – 60 %. Pripremljeni se filtri prije transporta i postavljanja na sakupljač umataju u aluminijsku foliju (slika 3.5) kako se ne bi oštetili, onečistili ili navlažili. Prije i nakon sakupljanja uzorka medij se važe zajedno s omotačem koji je higrofoban i ne podliježe statičkom elektricitetu pri vaganju.



Slika 3.5 Filtri sa zaštitnom folijom

Vaganje je obavljeno uporabom mikrovage proizvađača Cahn G.2 koja ima mogućnost preciznog mjerenja i očitavanja vrijednosti do $5 \cdot 10^{-7}$ grama, s mjernom nesigurnošću $2 \cdot 10^{-6}$ grama.

Nakon što su filtri osušeni do mokrine koju su imali bez uzorka, ponovo se istom mikrovagom važu, sada zajedno s uzorkom. Masena koncentracija drvene prašine određuje se jednadžbom (3):

$$m_c = \frac{(m_2 - m_1)}{V} \cdot \frac{g}{m^3} \quad (3)$$

gdje je: m_1 – masa filtra prije uzimanja uzorka, μg

m_2 – masa filtra s uzorkom, μg

$(m_2 - m_1)$ ili m_u – masa uzorka, μg , (mg)

V – ukupni volumen zraka iz kojeg je uzet uzorak, m^3

m_c – masena koncentracija prašine, $\mu g/m^3$, (mg/m³)

Volumen se zraka (V) iz kojega je uzet uzorak izračuna pomoću izmjerenog vremena rada uređaja, dok je kroz njega prolazio okolni zrak poznatog protoka:

$$V = Q \cdot t, \text{ m}^3 \quad (4)$$

gdje je: Q – poznat protok zraka kroz uređaj, l/min

t – vrijeme rada uređaja, min.

3.2 OPIS UVJETA DOBIVANJA PODATAKA MJERENJEM OPREMOM B

3.2.1 Objekt mjerenja mjernom opremom B

Metodom osobnih sakupljača sakupljeno je u dvije stolarije ukupno 26 uzoraka respirabilnih čestica i 26 uzoraka ukupne drvene prašine. Za vrijeme sakupljanja uzoraka na radnim mjestima mehaničke obrade drva obrađivane su različite vrste drvnih materijala domaće meke i tvrde vrste drva te pločasti materijali.

U navedene dvije stolarije sakupljani su uzorci različitih vrsta materijala, i to troslojne iverice i hrastovine u stolariji G dok su u drugoj stolariji F sakupljani uzorci jelovine, iverice i vlaknatice. Uzorci su sakupljani uz različite stolarske strojeve, a isto tako i kod same montaže namještaja.

Korištene mase odnosno masene koncentracije respirabilne i ukupne prašine drvnih čestica određivane za stolariju pored stolarskih strojeva prikupljene su pomoću osobnih sakupljača proizvođača Casella koje radnik nosi pričvršćene na leđima i prsima u stolariji G u periodu od 6.5. do 7.5.2003, te u stolariji F od 27.3 do 3.4.2003 (Kos, 2002).

3.2.2 Opis mjerne metode opremom B

Oprema B za razliku od opreme A novijeg je datuma proizvodnje pa samim time lakša za rukovanje i pretpostavlja se i točnija. Uzorci su sakupljani osobnim sakupljačima proizvođača Casella (Bedford, UK, 2001) definiranih standardom EN ISO 10882-1:2001. Korišteni su držači filtera za sakupljanje respirabilne frakcije Higgins-Dewell Plastic (Casella) cikloni i ukupne prašine prašine (Casella) prikazani slikom 3.6.



Slika 3.6 Držač filtera respirabilne frakcije i ukupne prašine

Vaganje uzoraka obavljeno je mikrovagom METTLER-TOLEDO MX-5 (Greifensee, Švicarska, 2000), koja ima mogućnost preciznog mjerenja i očitavanja vrijednosti do 10^{-6} grama, s mjernom nesigurnošću 10^{-4} grama. Pri skupljanju drvnih čestica odabrani protok rada pumpe također je iznosio 2 l/min a koji odgovara intenzitetu disanja (HRN CEN/TR 15230:2007). Mjernu opremu B prikazuje slika 3.7.



Slika 3.7 Mjerna oprema B

3.3 Statistička metoda obrade podataka

Korelacijska analiza i linearna regresija u istraživanju utjecaja stvarnog vremena sakupljanja uzoraka na stupnjeve pronalaženja uzorka i količine uzorka, napravljeni su u programu Excel 2007 Microsoft office. Testiranje varijanci za analizu utjecaja vrste opreme na stupnjeve pronalaženja uzorka i količine uzorka napravljeno je pomoću Studentovog t-testa statističkim alatom također u programu Excel 2007 Microsoft office. Studentovim t-testom uspoređeni su skupovi podataka stupnjeva pronalaženja uzorka te stupnjeva količine uzorka dobivenih različitom opremom uz pretpostavku homogenih varijanci i uz statistički značajnu pogrešku od 5 %.

Rezultat predstavlja prihvatanje ili odbacivanje nul-hipoteze kojom su izjednačene vrijednosti stupnjeva pronalaženja uzoraka odnosno stupnjeva količine uzorka za različite parove mjerne opreme i vrste frakcije uzorka za koji je određivana masena koncentracija.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 \quad (5)$$

Kada je nakon testiranja vjerojatnost (p) veća od 0,05 tada se nul-hipoteza prihvća. Za p manji (ili jednak) od 0,05 nul-hipoteza se odbacuje i prihvća hipoteza H_1 da se vrijednosti testiranih parova stupnjeva (t_{\min}) signifikantno razlikuju.

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \quad (6)$$

4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

4.1 Rezultati određivanja stupnjeva pronalaženja uzorka i količine uzorka

4.1.1 Rezultati određivanja stupnjeva pronalaženja uzorka i količine uzorka mjernom opremom A

U donjim tablicama od 4.1 do 4.14 prikazani su za svako radno mjesto zasebno izračunati podaci za stupanj pronalaženja uzorka ($t_{\min P}$) i stupanj količine uzorka ($t_{\min K}$) u minutama i satima. Korištene su mase odnosno masene koncentracije respirabilne frakcije drvnih čestica određivane su u tvornici pored radnih strojeva: potezna kružna pila, tračna brusilica, dvolisna kružna pila, jednolisna kružna pila, tračna pila, stolna glodalica, te ravnalica (tablica 4.1 do 4.8). Vrste drva odnosno vrste drvnih materijala uglavnom su tvrde vrste drva hrastovina i bukovina te iverica i vlaknatice koje se također smatraju tvrdim drvnim materijalima.

Korištene mase odnosno masene koncentracije respirabilne frakcije drvnih čestica određivane su u stolariji pored radnih strojeva: jednolisna kružna pila, ravnalica, kružna pila te lamelo ručna glodalica (tablica 4.11 do 4.14).

1) Podaci za uzorke respirabilne frakcije sakupljane opremom A

Tablica 4.1 Stupnjevi pronalaženja uzorka i količine uzorka respirabilne frakcije hrastovine na radnom mjestu pored kružne pile u tvornici

	Masa uzorka, m	Količina protoka, Q	Masena koncentracija, m_c	Stupanj pronalaženja uzorka, $t_{\min P}$		Stupanj količine uzorka, $t_{\min K}$		Stvarno vrijeme sakupljanja, t_{stv}
	mg	L/min	mg/m ³	min	h	min	h	min
1	0,577	1,9	1,029	321	5,4	1071	17,9	295
2	0,494	1,9	0,9091	364	6,1	1212	20,2	254
3	0,841	1,9	1,3373	247	4,1	824	13,7	331
4	0,4455	1,9	0,6999	472	7,9	1575	26,2	335
5	0,2245	1,9	1,2438	266	4,4	886	14,8	95
6	0,4275	1,9	1,3393	247	4,1	823	13,7	168
7	0,4605	1,9	1,199	276	4,6	919	15,3	202
8	0,395	1,9	1,2017	275	4,6	917	15,3	173
9	0,354	1,7	1,7951	206	3,4	686	11,4	116
10	0,091	1,9	0,1396	2369	39,5	7895	131,6	343
11	0,137	1,9	0,2296	1440	24,0	4800	80,0	314
AVRG	0,4043	1,9	1,0112	589	9,8	1964	32,7	239
s_m	0,2094							

Tablica 4.2 Stupnjevi pronalaženja uzorka i količine uzorka respirabilne frakcije hrastovine na radnom mjestu pored tračne brusilice u tvornici

	Masa uzorka, m	Količina protoka, Q	Masena koncentracija, m_c	Stupanj pronalaženja uzorka, t_{minP}		Stupanj količine uzorka, t_{minK}		Stvarno vrijeme sakupljanja, t_{stv}
	mg	L/min	mg/m ³	min	h	min	h	min
1	0,459	1,9	0,8417	326	5,4	1088	18,1	287
2	0,7286	1,9	1,1946	230	3,8	766	12,8	321
3	0,276	1,9	1,2416	221	3,7	737	12,3	117
4	0,367	2	1,412	185	3,1	616	10,3	130
5	0,2395	1,9	1,4624	188	3,1	626	10,4	86
6	0,2705	1	1,5882	329	5,5	1095	18,3	170
7	0,2925	1,65	0,5488	576	9,6	1921	32,0	323
8	0,437	1,8	0,7516	386	6,4	1286	21,4	323
9	0,2945	1,7	0,5552	553	9,2	1843	30,7	312
10	0,0845	1,9	0,5232	525	8,8	1750	29,2	85
11	0,2125	1,9	1,0652	258	4,3	860	14,3	105
12	0,574	1,9	0,9155	300	5,0	1000	16,7	330
AVRG	0,3530	1,8	1,0083	340	5,9	1174	19,6	183
s_m	0,1740							

Tablica 4.3 Stupnjevi pronalaženja uzorka i količine uzorka respirabilne frakcije iverice na radnom mjestu pored dvolisne kružne pile u tvornici

	Masa uzorka, m	Količina protoka, Q	Masena koncentracija, m_c	Stupanj pronalaženja uzorka, t_{minP}		Stupanj količine uzorka, t_{minK}		Stvarno vrijeme sakupljanja, t_{stv}
	mg	L/min	mg/m ³	min	h	min	h	min
1	0,0075	1,9	0,996	409	6,8	1364	22,7	172
2	0,9035	2,8	0,787	351	5,9	1172	19,5	410
3	0,3075	1,9	1,0308	395	6,6	1318	22,0	157
4	0,31	1,9	1,5392	265	4,4	883	14,7	106
5	0,437	1,8	0,7516	573	9,5	1908	31,8	323
6	0,233	1,7	0,6653	685	11,4	2283	38,0	206
7	0,2945	1,9	0,9394	434	7,2	1446	24,1	165
8	0,489	1,7	0,8289	550	9,2	1832	30,5	347
AVRG	0,3728	2,0	0,9423	458	7,6	1526	25,4	236
s_m	0,2582							

Tablica 4.4 Stupnjevi pronalaženja uzorka i količine uzorka respirabilne frakcije vlaknatica na radnom mjestu pored jednolisne kružne pile u tvornici

	Masa uzorka, m	Količina protoka, Q	Masena koncentracija, m_c	Stupanj pronalaženja uzorka, t_{minP}		Stupanj količine uzorka, t_{minK}		Stvarno vrijeme sakupljanja, t_{stv}
	mg	L/min	mg/m ³	min	h	min	h	min
1	0,3475	1,9	1,0218	206	3,4	685	11,4	179
2	0,4945	1,9	0,6379	329	5,5	1098	18,3	408
3	0,3255	1	0,896	445	7,4	1485	24,7	404
4	0,635	1,9	0,942	223	3,7	743	12,4	355
5	0,343	1,9	0,492	427	7,1	1423	23,7	367
6	0,512	1,9	0,7548	278	4,6	928	15,5	357
7	0,259	1,9	0,6168	341	5,7	1135	18,9	221
AVRG	0,4166	1,9	0,7659	321	5,4	1071	18,9	327
s_m	0,1330							

Tablica 4.5 Stupnjevi pronalaženja uzorka i količine uzorka respirabilne frakcije iverice na radnom mjestu pored jednolisne kružne pile u tvornici

	Masa uzorka, m	Količina protoka, Q	Masena koncentracija, m_c	Stupanj pronalaženja uzorka, $t_{\min P}$		Stupanj količine uzorka, $t_{\min K}$		Stvarno vrijeme sakupljanja, t_{stv}
	mg	L/min	mg/m ³	min	h	min	h	min
1	0,5615	1,9	0,6379	304	5,1	1015	16,9	432
2	0,1695	1,9	0,417	466	7,8	1552	25,9	214
3	0,2525	3	0,413	298	5,0	992	16,5	204
4	0,46	1,9	0,7496	259	4,3	863	14,4	323
5	0,4535	1,9	0,7929	245	4,1	816	13,6	301
6	0,4005	1,9	0,5296	367	6,1	1222	20,4	398
7	0,3405	1,9	0,4607	421	7,0	1405	23,4	389
8	0,2985	1,9	0,4528	429	7,1	1429	23,8	347
9	0,2415	1,85	0,4266	467	7,8	1558	26,0	306
10	0,2505	1,9	0,4199	462	7,7	1541	25,7	314
AVRG	0,3429	2,0	0,5300	372	6,2	1239	20,7	323
s_m	0,1230							

Tablica 4.6 Stupnjevi pronalaženja uzorka i količine uzorka respirabilne frakcije bukovine na radnom mjestu pored tračne pile u tvornici

	Masa uzorka, m	Količina protoka, Q	Masena koncentracija, m_c	Stupanj pronalaženja uzorka, $t_{\min P}$		Stupanj količine uzorka, $t_{\min K}$		Stvarno vrijeme sakupljanja, t_{stv}
	mg	L/min	mg/m ³	min	h	min	h	min
1	0,2745	1,9	0,404	357	6,0	1191	19,8	358
2	0,206	1,9	0,337	428	7,1	1427	23,8	322
3	0,297	1,9	0,5299	272	4,5	908	15,1	295
4	0,21	1,7	0,58	278	4,6	927	15,4	213
5	0,3325	1,9	0,4717	306	5,1	1020	17,0	371
6	0,4741	1,9	0,9597	150	2,5	501	8,4	260
7	0,2585	1,9	0,7394	195	3,3	651	10,8	184
8	0,2475	1,9	0,3375	428	7,1	1425	23,8	384
9	0,2945	1,9	0,4068	355	5,9	1182	19,7	381
10	0,166	1,9	0,312	463	7,7	1542	25,7	280
11	0,136	1,9	0,3399	425	7,1	1415	25,7	329
AVRG	0,2633	1,9	0,4925	332	5,5	1108	18,7	307
s_m	0,0914							

Tablica 4.7 Stupnjevi pronalaženja uzorka i količine uzorka respirabilne frakcije bukovine na radnom mjestu pored stolne glodalice u tvornici

	Masa uzorka, m	Količina protoka, Q	Masena koncentracija, m_c	Stupanj pronalaženja uzorka, t_{minP}		Stupanj količine uzorka, t_{minK}		Stvarno vrijeme sakupljanja, t_{stv}
	mg	L/min	mg/m ³	min	h	min	h	min
1	0,291	1,9	0,3664	455	7,6	1516	25,3	418
2	0,3735	1,9	0,455	366	6,1	1220	20,3	432
3	0,461	2,3	0,492	280	4,7	932	15,5	407
4	0,258	1,9	0,4557	366	6,1	1219	20,3	298
5	0,201	1,9	0,8743	191	3,2	635	10,6	121
6	0,265	1,9	0,4512	369	6,2	1231	20,5	309
7	0,139	1,9	0,2127	783	13,1	2611	43,5	344
8	0,361	1,9	0,6189	269	4,5	897	15,0	307
10	0,1205	1,7	0,3344	557	9,3	1856	30,9	212
11	0,2775	1,9	0,4426	376	6,3	1255	20,9	330
AVRG	0,2748	1,9	0,4703	401	6,7	1337	22,3	318
s_m	0,1055							

Tablica 4.8 Stupnjevi pronalaženja uzorka i količine uzorka respirabilne frakcije hrastovine na radnom mjestu pored ravnalice u tvornici

	Masa uzorka, m	Količina protoka, Q	Masena koncentracija, m_c	Stupanj pronalaženja uzorka, t_{minP}		Stupanj količine uzorka, t_{minK}		Stvarno vrijeme sakupljanja, t_{stv}
	mg	L/min	mg/m ³	min	h	min	h	min
1	0,0115	1,9	0,0309	8396	139,9	27985	466,4	196
2	0,3735	1,9	0,455	570	9,5	1901	31,7	432
3	0,5	1,9	0,6999	371	6,2	1236	20,6	376
4	0,34	1,9	0,409	634	10,6	2114	35,2	438
5	0,07	1,9	0,1068	2429	40,5	8097	134,9	345
6	0,443	1,9	0,7595	342	5,7	1139	19,0	307
7	0,2165	1,9	0,3361	772	12,9	2573	42,9	339
8	0,2715	1,9	0,4003	648	10,8	2160	36,0	357
9	0,037	1,9	0,0758	3422	57,0	11408	190,1	257
10	0,0865	1,9	0,1478	1755	29,3	5851	97,5	308
11	0,3545	1,8	0,6815	402	6,7	1339	22,3	289
12	0,2445	1,9	0,386	672	11,2	2240	37,3	333
AVRG	0,2457	1,9	0,3741	1701	28,4	5670	94,5	331
s_m	0,1643							

Tablica 4.9 Stupnjevi pronalaženja uzorka i količine uzorka respirabilne frakcije u pogonu montaže pločastog namještaja tvornice

	Masa uzorka, m	Količina protoka, Q	Masena koncentracija, m_c	Stupanj pronalaženja uzorka, $t_{\min P}$		Stupanj količine uzorka, $t_{\min K}$		Stvarno vrijeme sakupljanja, t_{stv}
	mg	L/min	mg/m ³	min	h	min	h	min
1	0,3075	1,9	0,4270	277	5	923	15	379
2	0,3585	1,9	0,5485	216	4	719	12	344
3	0,3445	1,9	0,5107	232	4	772	13	355
4	0,338	1,9	0,5186	228	4	760	13	343
5	0,2735	1,9	0,3477	340	6	1134	19	414
6	0,2875	1,9	0,4412	268	4	893	15	343
7	0,253	1,9	0,4072	290	5	968	16	327
8	0,07	1,9	0,1068	1107	18	3691	62	345
9	0,288	1,9	0,4593	257	4	858	14	330
10	0,339	1,9	0,5987	197	3	658	11	298
11	0,321	1,9	0,6189	191	3	637	11	273
12	0,3480	1,9	0,7268	163	3	542	9	252
13	0,3160	1,9	0,480681	246	4	820	14	346
AVRG	0,2957	1,9	0,4763	309	5,1	1029	17,1	335
s_m	0,0749							

Tablica 4.10 Stupnjevi pronalaženja uzorka i količine uzorka respirabilne frakcije u salonu pločastog namještaja tvornice

	Masa uzorka, m	Količina protoka, Q	Masena koncentracija, m_c	Stupanj pronalaženja uzorka, $t_{\min P}$		Stupanj količine uzorka, $t_{\min K}$		Stvarno vrijeme sakupljanja, t_{stv}
	mg	L/min	mg/m ³	min	h	min	h	min
1	0,315	1,9	0,6209	121	2,0	403	6,7	267
2	0,301	1,9	0,3902	192	3,2	642	10,7	406
3	0,239	1,9	0,3968	189	3,2	631	10,5	317
4	0,3635	1,9	0,6093	123	2,1	411	6,8	314
5	0,246	1,9	0,4150	181	3,0	603	10,1	312
6	0,231	1,9	0,4453	169	2,8	562	9,4	273
7	0,24	1,9	0,4577	164	2,7	547	9,1	276
8	0,299	1,9	0,4384	171	2,9	571	9,5	359
AVRG	0,2793	1,9	0,4717	164	2,7	546	9,1	316
s_m	0,0476							

Tablica 4.11 Stupnjevi pronalaženja uzorka i količine uzorka respirabilne frakcije iverice na kružnoj pili u stolariji

	Masa uzorka, m	Količina protoka, Q	Masena koncentracija, m_c	Stupanj pronalaženja uzorka, t_{minP}		Stupanj količine uzorka, t_{minK}		Stvarno vrijeme sakupljanja, t_{stv}
	mg	L/min	mg/m ³	min	h	min	h	min
1	0,301	1,9	0,7201	658	11,0	2193	36,6	220
2	0,399	1,9	1,9811	239	4,0	797	13,3	106
3	0,6145	1,9	1,0501	451	7,5	1504	25,1	308
4	0,1795	1,9	3,9364	120	2,0	401	6,7	240
5	0,414	1,9	1,2969	365	6,1	1218	20,3	168
6	0,3535	1,9	1,2003	395	6,6	1316	21,9	155
7	0,493	1,9	2,6209	181	3,0	603	10,0	99
8	0,5985	1,9	1,0032	472	7,9	1574	26,2	314
9	0,233	1,9	0,5549	854	14,2	2846	47,4	221
10	0,572	1,9	1,0526	450	7,5	1500	25,0	286
11	0,6665	1,9	0,9532	497	8,3	1657	27,6	368
12	0,41	1,9	0,7339	646	10,8	2152	35,9	294
13	0,2615	1,9	1,4044	337	5,6	1125	18,7	98
AVRG	0,5798	1,9	2,3602	436	7,3	1453	24,2	221
s_m	0,15702							

Tablica 4.12 Stupnjevi pronalaženja uzorka i količine uzorka respirabilne frakcije jelovine na ravnalici u stolariji

	Masa uzorka, m	Količina protoka, Q	Masena koncentracija, m_c	Stupanj pronalaženja uzorka, t_{minP}		Stupanj količine uzorka, t_{minK}		Stvarno vrijeme sakupljanja, t_{stv}
	mg	L/min	mg/m ³	min	h	min	h	min
1	0,362	1,9	0,6569	948	15,8	3162	52,7	290
2	0,429	2,1	0,7887	715	11,9	2382	39,7	259
3	0,3095	2,1	0,5282	1067	17,8	3557	59,3	279
4	0,223	1,9	0,4147	1502	25,0	5008	83,5	283
5	1,7935	1,9	1,1213	556	9,3	1852	30,9	115
6	0,5665	2,1	0,9302	606	10,1	2020	33,7	290
7	0,5645	2,1	0,9081	621	10,3	2069	34,5	296
8	0,2455	1,9	0,7061	882	14,7	2941	49,0	183
9	0,399	1,9	0,876	711	11,9	2371	39,5	106
10	0,1615	1,9	0,3669	1698	28,3	5661	94,3	97
11	0,3435	1,9	0,7007	889	14,8	2964	49,4	258
12	0,2055	1,9	0,3976	1567	26,1	5223	87,1	272
13	0,3005	2,1	0,5261	1071	17,9	3572	59,5	272
14	0,2325	1,75	0,4399	1538	25,6	5126	85,4	302
15	0,385	1,9	0,6352	981	16,3	3270	54,5	319
AVRG	0,4347	2,0	0,6664	1024	17,1	3412	56,9	241
s_m	0,3946							

Tablica 4.13 Stupnjevi pronalaženja uzorka i količine uzorka respirabilne frakcije bukve na kružnoj pili u stolariji

	Masa uzorka, m	Količina protoka, Q	Masena koncentracija, m_c	Stupanj pronalaženja uzorka, t_{minP}		Stupanj količine uzorka, t_{minK}		Stvarno vrijeme sakupljanja, t_{stv}
	mg	L/min	mg/m ³	min	h	min	h	min
1	0,481	1,9	2,2603	687	11,5	2291	38,2	112
2	0,333	1,9	0,8634	1799	30,0	5997	100,0	203
3	0,2525	1,9	0,6041	2571	42,9	8571	142,9	220
4	0,3755	1,9	0,7374	2107	35,1	7022	117,0	268
5	0,6565	1,9	1,1182	1389	23,2	4631	77,2	309
6	3,558	1,9	4,3667	356	5,9	1186	19,8	310
7	0,4575	1,9	0,7921	1961	32,7	6537	108,9	304
8	0,8105	2,1	1,3933	1009	16,8	3362	56,0	277
9	0,529	1,9	1,1848	1311	21,9	4370	72,8	235
10	0,494	1,9	0,8099	1918	32,0	6393	106,6	321
AVRG	0,7948	1,9	1,4130	1511	25,2	5036	83,9	256
s_m	0,9838							

Tablica 4.14 Stupnjevi pronalaženja uzorka i količine uzorka respirabilne frakcije iverice na lamelo glodalici u stolariji

	Masa uzorka, m	Količina protoka, Q	Masena koncentracija, m_c	Stupanj pronalaženja uzorka, t_{minP}		Stupanj količine uzorka, t_{minK}		Stvarno vrijeme sakupljanja, t_{stv}
	mg	L/min	mg/m ³	min	h	min	h	min
1	0,484	1,9	0,979	360	6,0	1202	20,0	26
2	0,229	1,9	1,747	202	3,4	673	11,2	69
3	0,3625	1,9	0,5628	627	10,5	2090	34,8	339
4	0,316	1,9	0,501	704	11,7	2348	39,1	332
5	0,242	1,9	0,4122	856	14,3	2854	47,6	309
6	0,3895	1,9	0,6193	570	9,5	1899	31,7	331
7	0,779	1,9	1,1517	306	5,1	1021	17,0	356
8	0,157	1,9	0,2639	1337	22,3	4457	74,3	313
9	0,47	1,9	0,814	434	7,2	1445	24,1	304
10	0,909	1,9	1,5045	235	3,9	782	13,0	318
11	0,6015	1,9	1,0992	321	5,4	1070	17,8	288
12	0,363	1,9	0,6521	541	9,0	1804	30,1	293
13	0,184	1,9	0,6588	536	8,9	1786	29,8	147
14	0,241	1,9	0,4498	785	13,1	2615	43,6	282
AVRG	0,4091	1,9	0,8154	558	9,3	1860	31,0	265
s_m	0,2235							

2) Podaci za uzorke ukupne frakcije sakupljane opremom A

Tablica 4.15 Stupnjevi pronalaženja uzorka i količine uzorka ukupne prašine hrastovine na radnom mjestu pored kružne pile u tvornici

	Masa uzorka, m	Količina protoka, Q	Masena koncentracija, m_c	Stupanj pronalaženja uzorka, $t_{\min P}$		Stupanj količine uzorka, $t_{\min K}$		Stvarno vrijeme sakupljanja, t_{stv}
	mg	L/min	mg/m ³	min	h	min	h	min
1	0,7355	1,9	2,805	951	16	3170	53	137
2	2,0635	1,9	3,7974	702	12	2341	39	254
3	4,8423	1,9	7,6996	346	6	1155	19	331
4	1,4995	1,9	2,3559	1132	19	3774	63	335
5	5,934	2,2	5,9939	384	6	1281	21	450
6	0,646	1,9	2,0238	1318	22	4393	73	168
7	2,586	1,9	3,823	698	12	2326	39	356
8	1,231	1,9	3,9505	675	11	2251	38	164
9	0,66	1,9	4,2362	630	10	2099	35	82
10	1,1635	1,7	5,9001	505	8	1684	28	116
11	2,661	1,9	4,0832	653	11	2177	36	343
12	1,339	1,9	2,2444	1188	20	3961	66	314
AVRG	2,1134	1,9	4,0761	765	12,8	2551	42,5	254
s_m	1,6893							

Tablica 4.16 Stupnjevi pronalaženja uzorka i količine uzorka ukupne prašine hrastovine na radnom mjestu pored tračne brusilice u tvornici

	Masa uzorka, m	Količina protoka, Q	Masena koncentracija, m_c	Stupanj pronalaženja uzorka, $t_{\min P}$		Stupanj količine uzorka, $t_{\min K}$		Stvarno vrijeme sakupljanja, t_{stv}
	mg	L/min	mg/m ³	min	h	min	h	min
1	0,8065	1,9	1,1629	4395	73,2	14649	244,2	365
2	1,9205	1,7	2,7288	1676	27,9	1933	32,2	414
3	0,059	1	0,8551	3146	52,4	10485	174,8	69
4	0,531	1,7	3,056	1496	24,9	4988	83,1	102
5	0,5715	1,9	2,5709	1988	33,1	6626	110,4	117
6	0,327	1,7	1,4796	3090	51,5	10302	171,7	130
7	2,202	1,9	3,5334	1446	24,1	4821	80,4	328
8	1,387	1,9	4,1011	1246	20,8	4154	69,2	178
9	1,7575	1,9	5,4412	939	15,7	3131	52,2	170
10	1,844	1,65	3,4599	1283	21,4	4276	71,3	323
11	3,201	1,9	5,2159	980	16,3	3266	54,4	323
12	0,945	1,9	1,5941	3206	53,4	10687	178,1	312
13	0,2975	1,9	1,8421	2774	46,2	9248	154,1	85
14	0,3505	1,9	1,7569	2909	48,5	9696	161,6	346
15	0,562	1,7	1,0018	4564	76,1	15215	253,6	330
AVRG	1,1175	1,8	2,6533	2343	39,0	7565	126	239
s_m	0,8966							

Tablica 4.17 Stupnjevi pronalaženja uzorka i količine uzorka ukupne prašine iverice na radnom mjestu pored dvolisne kružne pile u tvornici

	Masa uzorka, m	Količina protoka, Q	Masena koncentracija, m_c	Stupanj pronalaženja uzorka, t_{minP}		Stupanj količine uzorka, t_{minK}		Stvarno vrijeme sakupljanja, t_{stv}
	mg	L/min	mg/m ³	min	h	min	h	min
1	0,0075	1,9	0,996	409	6,8	1364	22,7	172
2	0,9035	2,8	0,787	351	5,9	1172	19,5	410
3	0,3075	1,9	1,0308	395	6,6	1318	22,0	157
4	0,31	1,9	1,5392	265	4,4	883	14,7	106
5	0,437	1,8	0,7516	573	9,5	1908	31,8	323
6	0,233	1,7	0,6653	685	11,4	2283	38,0	206
7	0,2945	1,9	0,9394	434	7,2	1446	24,1	165
8	0,489	1,7	0,8289	550	9,2	1832	30,5	347
AVRG	0,3728	2,0	0,9423	458	7,6	1526	25,4	236
s_m	0,2582							

Tablica 4.18. Stupnjevi pronalaženja uzorka i količine uzorka ukupne frakcije vlaknatica na radnom mjestu pored jednolisne kružne pile u tvornici

	Masa uzorka, m	Količina protoka, Q	Masena koncentracija, m_c	Stupanj pronalaženja uzorka, t_{minP}		Stupanj količine uzorka, t_{minK}		Stvarno vrijeme sakupljanja, t_{stv}
	mg	L/min	mg/m ³	min	h	min	h	min
1	1,188	1,7	1,7647	544	9,1	1813	30,2	396
2	0,92	1,7	3,0233	317	5,3	1058	17,6	179
3	0,6725	1,7	0,979	980	16,3	3268	54,5	404
4	0,271	1	0,897	1819	30,3	6063	101,1	302
5	0,716	1,7	1,186	809	13,5	2697	45,0	355
6	0,8235	1,7	1,319	728	12,1	2425	40,4	367
7	2,003	1,9	3,4007	253	4,2	842	14,0	310
AVRG	0,9420	1,6	1,7957	779	13,0	2595	43,3	330
s_m	0,5439							

Tablica 4.19 Stupnjevi pronalaženja uzorka i količine uzorka ukupne prašine iverice na radnom mjestu pored jednolisne kružne pile u tvornici

	Masa uzorka, m	Količina protoka, Q	Masena koncentracija, m_c	Stupanj pronalaženja uzorka, t_{minP}		Stupanj količine uzorka, t_{minK}		Stvarno vrijeme sakupljanja, t_{stv}
	mg	L/min	mg/m ³	min	h	min	h	min
1	1,9205	1,7	2,7288	479	8,0	1598	26,6	414
2	0,2125	1,7	0,5841	2239	37,3	7465	124,4	214
3	0,156	1,7	0,4498	2908	48,5	9694	161,6	204
4	0,966	1,9	1,6891	693	11,5	2310	38,5	301
5	2,0965	1,9	2,8366	413	6,9	1375	22,9	389
6	0,516	1,9	1,3647	858	14,3	2859	47,6	199
7	1,355	1,9	2,055	570	9,5	1898	31,6	347
8	1,1075	1,9	1,9049	614	10,2	2048	34,1	306
9	0,1835	1,9	0,714	1639	27,3	5464	91,1	257
AVRG	0,9459	1,8	1,5919	1157	19,3	3857	64,3	292
s_m	0,7412							

Tablica 4.20 Stupnjevi pronalaženja uzorka i količine uzorka ukupne prašine bukovine na radnom mjestu pored tračne pile u tvornici

	Masa uzorka, m	Količina protoka, Q	Masena koncentracija, m_c	Stupanj pronalaženja uzorka, t_{minP}		Stupanj količine uzorka, t_{minK}		Stvarno vrijeme sakupljanja, t_{stv}
	mg	L/min	mg/m ³	min	h	min	h	min
1	0,0835	1	0,3394	3333	55,6	11111	185,2	246
2	1,2275	1,7	2,017	330	5,5	1100	18,3	358
3	0,368	1,7	0,672	990	16,5	3301	55,0	322
4	0,4815	1,9	0,8591	693	11,6	2310	38,5	295
5	0,8755	1,9	1,2764	467	7,8	1555	25,9	361
6	0,783	1,9	1,1108	536	8,9	1787	29,8	371
7	0,593	1,9	1,2004	496	8,3	1653	27,6	260
8	1,16	1,9	3,3181	179	3,0	598	10,0	184
9	0,942	1,9	1,2844	464	7,7	1545	25,8	384
10	0,513	1,9	0,7087	840	14,0	2801	46,7	381
11	0,1765	1,9	0,3318	1795	29,9	5982	99,7	280
AVRG	0,6549	1,8	1,1926	920	15,3	3068	51,1	313
s_m	0,3771							

Tablica 4.21. Stupnjevi pronalaženja uzorka i količine uzorka ukupne prašine bukovine na radnom mjestu pored stolne glodalice u tvornici

	Masa uzorka, m	Količina protoka, Q	Masena koncentracija, m_c	Stupanj pronalaženja uzorka, t_{minP}		Stupanj količine uzorka, t_{minK}		Stvarno vrijeme sakupljanja, t_{stv}
	mg	L/min	mg/m ³	min	h	min	h	min
1	0,7875	1,9	0,9684	457	7,6	1524	25,4	428
2	0,3945	1,9	0,5102	868	14,5	2892	48,2	407
3	0,3675	1,9	0,6491	682	11,4	2273	37,9	298
4	0,3455	1,9	1,5028	295	4,9	982	16,4	121
5	0,954	1,9	1,6249	272	4,5	908	15,1	309
6	0,4405	1,65	0,7761	657	10,9	2189	36,5	344
7	0,6305	1,9	1,0809	410	6,8	1365	22,8	307
8	0,691	1,9	1,3129	337	5,6	1124	18,7	277
9	0,121	1,65	1,9754	258	4,3	860	14,3	212
10	0,0895	1,7	1,5954	310	5,2	1034	17,2	330
AVRG	0,4822	1,8	1,1996	455	7,6	1515	25,3	303
s_m	0,2803							

Tablica 4.22 Stupnjevi pronalaženja uzorka i količine uzorka ukupne prašine hrastovine na radnom mjestu pored ravnalice u tvornici

	Masa uzorka, m	Količina protoka, Q	Masena koncentracija, m_c	Stupanj pronalaženja uzorka, $t_{\min P}$		Stupanj količine uzorka, $t_{\min K}$		Stvarno vrijeme sakupljanja, t_{stv}
	mg	L/min	mg/m ³	min	h	min	h	min
1	1,661	1,9	1,2464	1534	25,6	5115	85,2	368
2	0,7875	1,9	0,9684	1975	32,9	6583	109,7	428
3	0,531	1,9	0,7433	2573	42,9	8577	142,9	376
4	0,661	1,9	0,9428	2029	33,8	6762	112,7	369
5	0,4365	1,7	0,7443	2872	47,9	9573	159,5	345
6	4,4055	1	1,524	2384	39,7	7948	132,5	289
7	0,4765	1,9	0,7398	2585	43,1	8617	143,6	339
8	0,342	1,9	0,5042	3793	63,2	12644	210,7	357
9	0,198	1,9	0,4055	4716	78,6	15722	262,0	308
10	1,016	1,9	1,7362	1102	18,4	3672	61,2	308
11	0,2285	1,7	0,4036	5296	88,3	17654	294,2	333
AVRG	0,9767	1,8	0,9053	2805	46,8	9351	155,9	347
s_m	1,2113							

Tablica 4.23 Stupnjevi pronalaženja uzorka i količine uzorka ukupne prašine iverice na radnom mjestu u montaži namještaja

	Masa uzorka, m	Količina protoka, Q	Masena koncentracija, m_c	Stupanj pronalaženja uzorka, $t_{\min P}$		Stupanj količine uzorka, $t_{\min K}$		Stvarno vrijeme sakupljanja, t_{stv}
	mg	L/min	mg/m ³	min	h	min	h	min
1	0,611	1,7	0,9483	192	3,2	641	10,7	379
2	0,5325	1,7	0,9106	200	3,3	668	11,1	344
3	0,5655	1,7	0,9370	195	3,2	649	10,8	355
4	0,343	1,7	0,5882	310	5,2	1034	17,2	343
5	0,3855	1,7	0,5477	333	5,5	1110	18,5	414
6	0,3465	1,7	0,5942	307	5,1	1023	17,1	343
7	0,405	1,7	0,7285	250	4,2	834	13,9	327
8	0,4365	1,7	0,7442	245	4,1	817	13,6	345
9	0,375	1,7	0,6684	273	4,5	910	15,2	330
10	0,285	1,7	0,6074	300	5,0	1001	16,7	276
11	0,3275	1,7	0,7057	258	4,3	862	14,4	273
12	0,301	1	1,1944	260	4,3	865	14,4	252
13	0,3505	1	1,0130	306	5,1	1020	17,0	346
AVRG	0,4050	1,7	0,7837	264	4,4	879	14,7	333
s_m	0,1034							

Tablica 4.24 Stupnjevi pronalaženja uzorka i količine uzorka ukupne prašine iverice u salonu pločastog namještaja

	Masa uzorka, m	Količina protoka, Q	Masena koncentracija, m_c	Stupanj pronalaženja uzorka, t_{minP}		Stupanj količine uzorka, t_{minK}		Stvarno vrijeme sakupljanja, t_{stv}
	mg	L/min	mg/m ³	min	h	min	h	min
1	0,333	1,7	0,7336	204	3	679	11	267
2	0,2155	1,7	0,3937	380	6	1266	21	322
3	0,307	1,7	0,5697	262	4	875	15	317
4	0,339	1,7	0,6351	235	4	785	13	314
5	0,3915	1,7	0,7381	203	3	675	11	312
6	0,2115	1,7	0,4557	328	5	1093	18	273
7	0,2765	1,7	0,5893	254	4	845	14	276
8	0,1315	1	0,6675	381	6	1269	21	197
AVRG	0,2757	1,6	0,5978	281	4,7	936	15,6	285
s_m	0,0847							

Tablica 4.25 Stupnjevi pronalaženja uzorka i količine uzorka ukupne prašine iverice na kružnoj pili u stolariji

	Masa uzorka, m	Količina protoka, Q	Masena koncentracija, m_c	Stupanj pronalaženja uzorka, t_{minP}		Stupanj količine uzorka, t_{minK}		Stvarno vrijeme sakupljanja, t_{stv}
	mg	L/min	mg/m ³	min	h	min	h	min
1	2,4995	1,9	5,9797	364	6,1	1212	20,2	220
2	1,7095	1,9	8,4881	256	4,3	854	14,2	106
3	1,922	1,9	3,2844	662	11,0	2207	36,8	308
4	0,71	1,9	15,5702	140	2,3	466	7,8	240
5	1,9455	1,9	6,0949	357	5,9	1189	19,8	168
6	1,101	1,9	3,7386	582	9,7	1939	32,3	155
7	2,279	1,9	12,1159	179	3,0	598	10,0	99
8	6,1165	1,9	10,2523	212	3,5	707	11,8	314
9	2,556	1,9	4,2979	506	8,4	1687	28,1	313
10	1,45	1	4,9319	838	14,0	2793	46,5	294
11	0,5445	1	1,9039	2170	36,2	7234	120,6	286
12	1,1525	1	3,1318	1319	22,0	4398	73,3	368
13	1,397	1	4,7517	870	14,5	2899	48,3	294
14	0,894	1,9	4,8013	453	7,5	1510	25,2	98
AVRG	1,8769	1,6	6,3816	636	10,6	2121	35,3	233,07
s_m	1,3773							

Tablica 4.26 Stupnjevi pronalaženja uzorka i količine uzorka ukupne prašine jelovine na ravnalici u stolariji

	Masa uzorka, m	Količina protoka, Q	Masena koncentracija, m_c	Stupanj pronalaženja uzorka, t_{minP}		Stupanj količine uzorka, t_{minK}		Stvamo vrijeme sakupljanja, t_{stv}
	mg	L/min	mg/m ³	min	h	min	h	min
1	0,789	1	2,7207	694	11,6	2313	38,5	290
2	0,7535	1,5	1,9395	649	10,8	2163	36,0	259
3	0,9095	1,5	2,1732	579	9,7	1930	32,2	279
4	1,3055	1,9	2,4279	409	6,8	1364	22,7	283
5	0,5925	1,9	2,7117	366	6,1	1221	20,4	115
6	0,588	1,5	1,3517	931	15,5	3103	51,7	290
7	0,6065	1,5	1,366	921	15,4	3071	51,2	296
8	0,548	1,9	1,5761	630	10,5	2101	35,0	183
9	1,7095	1,9	2,968	335	5,6	1116	18,6	106
10	0,547	1,9	1,2464	797	13,3	2657	44,3	97
11	0,601	1,9	1,226	810	13,5	2701	45,0	258
12	1,217	1,9	2,3549	422	7,0	1406	23,4	272
13	0,7375	1,5	1,8076	696	11,6	2321	38,7	272
14	1,067	1,5	2,3554	534	8,9	1781	29,7	302
15	2,9115	1,9	10,1481	98	1,6	326	5,4	151
AVRG	0,9922	1,7	2,5582	591	9,9	1972	32,9	230
s_m	0,6292							

Tablica 4.27 Stupnjevi pronalaženja uzorka i količine uzorka ukupne prašine bukve na kružnoj pili u stolariji

	Masa uzorka, m	Količina protoka, Q	Masena koncentracija, m_c	Stupanj pronalaženja uzorka, t_{minP}		Stupanj količine uzorka, t_{minK}		Stvarno vrijeme sakupljanja, t_{stv}
	mg	L/min	mg/m ³	min	h	min	h	min
1	3,4285	1,9	16,1114	68	1,1	226	3,8	112
2	1,561	1,9	4,0472	269	4,5	898	15,0	203
3	1,7935	1,9	4,2907	254	4,2	847	14,1	220
4	1,6135	1,9	3,1687	344	5,7	1147	19,1	268
5	2,136	1,9	3,6382	300	5,0	999	16,7	309
6	2,5345	1,9	5,3358	204	3,4	681	11,4	310
7	1,102	1	3,625	572	9,5	1905	31,8	304
8	1,5065	1,5	3,6258	381	6,3	1270	21,2	277
9	2,1545	1,9	4,8253	226	3,8	753	12,6	235
10	1,241	1	3,866	536	8,9	1787	29,8	321
AVRG	1,9071	1,7	5,2534	315	5,3	1051	17,5	256
s_m	0,6907							

Tablica 4.28 Stupnjevi pronalaženja uzorka i količine uzorka ukupne prašine iverice na lamelo glodalici u stolariji

	Masa uzorka, m	Količina protoka, Q	Masena koncentracija, m_c	Stupanj pronalaženja uzorka, t_{minP}		Stupanj količine uzorka, t_{minK}		Stvarno vrijeme sakupljanja, t_{stv}
	mg	L/min	mg/m ³	min	h	min	h	min
1	1,143	1	4,396	605	10,1	2016	33,6	260
2	0,772	1	3,803	699	11,7	2330	38,8	203
3	3,046	1	8,9853	296	4,9	986	16,4	339
4	3,9715	1	11,9624	222	3,7	741	12,3	332
5	0,724	1	2,343	1135	18,9	3782	63,0	309
6	1,1965	1	3,6148	735	12,3	2451	40,9	331
7	1,4705	1	4,1306	644	10,7	2145	35,8	356
8	1,3015	1	4,1582	639	10,7	2131	35,5	313
9	1,9175	1,9	3,3198	421	7,0	1405	23,4	304
10	1,1295	1,9	1,8694	748	12,5	2495	41,6	318
11	1,2075	1,9	2,2067	634	10,6	2113	35,2	288
12	1,8595	1,9	3,3402	419	7,0	1396	23,3	293
13	1,823	1,9	6,9527	201	3,4	671	11,2	138
14	1,779	1,5	4,2057	421	7,0	1405	23,4	282
AVRG	1,6672	1,4	4,6634	559	9,3	1862	31,0	290
s_m	0,8861							

4.1.2 Rezultati određivanja stupnjeva pronalaženja uzorka i količine uzorka mjernom opremom B

U donjim tablicama 4.29 do 4.32 prikazani su izračunati podaci za stupanj pronalaženja uzorka ($t_{\min P}$) i stupanj količine uzorka ($t_{\min K}$) u minutama i satima. Korištene mase odnosno masene koncentracije respirabilne i ukupne frakcije drvnih čestica određivane su za stolariju pored stolarskih strojeva te za vrijeme montaže namještaja. Vrste drva odnosno vrste drvnih materijala uglavnom su vrste drva hrastovina, jelovina te iverica i vlaknatice koje se kao i hrastovina smatraju tvrdim drvnim materijalima.

1) Podaci za uzorke respirabilne frakcije sakupljane opremom B

Tablica 4.29 Stupnjevi pronalaženja uzorka i količine uzorka respirabilne frakcije za stolariju F

	Masa uzorka, m	Količina protoka, Q	Masena koncentracija, m_c	Stupanj pronalaženja uzorka, t_{minP}		Stupanj količine uzorka, t_{minK}		Stvarno vrijeme sakupljanja, t_{stv}
	mg	L/min	mg/m ³	min	h	min	h	min
1	0,191	2	0,1969	412	6,9	1374	22,9	482
2	0,117	2	0,1254	647	10,8	2156	35,9	448
3	0,23	2	0,2597	313	5,2	1042	17,4	433
4	0,274	2	0,3036	267	4,5	891	14,8	439
5	0,182	2	0,1892	429	7,1	1430	23,8	481
6	0,216	2	0,2303	352	5,9	1174	19,6	449
7	0,158	2	0,1655	490	8,2	1634	27,2	454
8	0,197	2	0,2115	384	6,4	1279	21,3	447
9	0,204	2	0,2203	368	6,1	1228	20,5	446
10	0,192	2	0,2112	384	6,4	1281	21,3	440
11	0,319	2	0,3300	246	4,1	820	13,7	482
12	0,25	2	0,2590	313	5,2	1044	17,4	481
13	0,134	2	0,1377	589	9,8	1965	32,7	484
14	0,219	2	0,2229	364	6,1	1213	20,2	487
15	0,138	2	0,1428	568	9,5	1895	31,6	482
AVRG	0,2014	2,0	0,2137	409	6,8	1362	22,7	462
s_m	0,0541							

Tablica 4.30 Stupnjevi pronalaženja uzorka i količine uzorka respirabilne frakcije za stolariju G

	Masa uzorka, m	Količina protoka, Q	Masena koncentracija, m_c	Stupanj pronalaženja uzorka, t_{minP}		Stupanj količine uzorka, t_{minK}		Stvarno vrijeme sakupljanja, t_{stv}
	mg	L/min	mg/m ³	min	h	min	h	min
1	0,402	2	0,5776	449	7	1495	25	328
2	0,237	2	0,3784	685	11	2283	38	308
3	0,389	2	0,6138	422	7	1407	23	310
4	0,436	2	0,6489	399	7	1331	22	321
5	0,191	2	0,2817	920	15	3066	51	323
6	0,11	2	0,1632	1588	26	5293	88	322
7	0,519	2	0,7456	348	6	1159	19	329
8	0,652	2	1,2085	214	4	715	12	257
9	0,469	2	0,6769	383	6	1276	21	328
10	0,173	2	0,5888	440	7	1467	24	136
11	0,187	2	0,6622	391	7	1304	22	133
AVRG	0,3423	2,0	0,5950	567	9,5	1891	31,5	281
s_m	0,1728							

2) Podaci za uzorke ukupne frakcije sakupljane opremom B

Tablica 4.31 Stupnjevi pronalaženja uzorka i količine uzorka ukupne prašine za stolariju F

	Masa uzorka, m	Količina protoka, Q	Masena koncentracija, m_c	Stupanj pronalaženja uzorka, t_{minP}		Stupanj količine uzorka, t_{minK}		Stvarno vrijeme sakupljanja, t_{stv}
	mg	L/min	mg/m ³	min	h	min	h	min
1	1,358	2	1,4003	634	10,6	2112	35,2	482
2	1,5	2	1,6949	523	8,7	1745	29,1	433
3	2,09	2	2,3584	376	6,3	1254	20,9	434
4	0,922	2	1,0217	868	14,5	2895	48,2	439
5	1,128	2	1,1726	757	12,6	2522	42,0	481
6	1,633	2	1,7411	510	8,5	1699	28,3	449
7	1,179	2	1,4530	611	10,2	2035	33,9	387
8	1,242	2	1,3338	665	11,1	2217	37,0	447
9	1,925	2	2,0782	427	7,1	1423	23,7	446
10	2,073	2	2,2813	389	6,5	1296	21,6	440
11	2,766	2	2,8592	310	5,2	1034	17,2	482
12	2,935	2	3,0411	292	4,9	973	16,2	481
13	1,705	2	1,7514	507	8,4	1689	28,1	484
14	2,07	2	3,0979	286	4,8	955	15,9	320
15	2,238	2	2,3103	384	6,4	1280	21,3	482
AVRG	1,7843	2,0	1,9730	503	8,4	1675	27,9	446
s_m	0,5915							

Tablica 4.32 Stupnjevi pronalaženja uzorka i količine uzorka ukupne prašine za stolariju G

	Masa uzorka, m	Količina protoka, Q	Masena koncentracija, m_c	Stupanj pronalaženja uzorka, t_{minP}		Stupanj količine uzorka, t_{minK}		Stvarno vrijeme sakupljanja, t_{stv}
	mg	L/min	mg/m ³	min	h	min	h	min
1	2,009	2	2,8865	675	11,2	2250	37,5	328
2	2,337	2	3,1931	610	10,2	2034	33,9	363
3	2,153	2	3,3975	573	9,6	1911	31,9	310
4	2,083	2	3,0988	629	10,5	2096	34,9	322
5	1,003	2	1,4794	1317	21,9	4389	73,2	323
6	0,858	2	1,2734	1530	25,5	5099	85,0	322
7	4,425	2	6,3441	307	5,1	1024	17,1	329
8	4,844	2	8,9554	218	3,6	725	12,1	258
9	2,74	2	3,9510	493	8,2	1644	27,4	328
10	0,967	2	3,2914	592	9,9	1973	32,9	136
11	2,447	2	8,6375	226	3,8	752	12,5	133
AVRG	2,3515	2,0	4,2280	652	10,9	2172	36,2	286
s_m	1,2987							

4.2 Rezultati analize utjecaja vrste mjernih uređaja na stupnjeve pronalaženja uzorka i količine uzorka

Rezultati statističkog testiranja pokazali su u kojoj je mjeri značajna razlika između stupnjeva pronalaženja uzorka ($t_{\min P}$) i stupnjeva količine uzorka ($t_{\min K}$) za pojedinu vrstu mjerne opreme. Time bi dobili odgovor na pitanje s kojim od dvaju mjernih uređaja za sakupljanje lebdećih čestica drvene prašine treba više vremena za pronalaženje uzorka lebdeće čestice odnosno pronalaženje dovoljne količine uzorka za njeno pouzdano vaganje.

4.2.1 Rezultati analize utjecaja vrste mjernih uređaja za sakupljanje respirabilne frakcije čestica

Tablica 4.33 prikazuje rezultate statističkog testiranja stupnjeva pronalaženja uzorka ($t_{\min P}$) i stupnjeva količine uzorka ($t_{\min K}$) dobivenih iz vrijednosti potrebnih za određivanje masene koncentracije respirabilnih čestica sakupljenih s dvije različite vrste mjerne opreme.

Tablica 4.33 Rezultati testiranja razlika stupnjeva pronalaženja uzorka ($t_{\min P}$) i stupnjeva količine uzorka ($t_{\min K}$) respirabilnih čestica za obje vrste mjerne opreme

Testirana varijabla za respirabilnu frakciju	Vrsta mjerne opreme	Broj uzorka, N	Aritmetička sredina (min)	Standardna devijacija (min)	Razina signifikantnosti, p
$t_{\min P}$	A	154	633,3	827,9	0,07
	B	26	475,6	272,2	
$t_{\min K}$	A	154	2111,1	2759,8	0,08
	B	25	1596,7	842,1	

Iz tablice 4.33 vidljivo je da se stupnjevi pronalaženja uzorka ($t_{\min P}$) i stupnjevi količine uzorka ($t_{\min K}$) respirabilnih čestica za dvije različite mjerne opreme značajno **ne razlikuju** ($p = 0,07$ odnosno $p = 0,08$). Obje razine signifikantnosti veće su od granične razine od 0,05. Iz podataka deskriptivne statistike vidljivo je veliko rasipanje podataka (standardna devijacija) oko aritmetičkih sredina koje nepouzdana pokazuju da je potrebno dulje vremena prikupljati uzorke respirabilne frakcije pri određivanju masene koncentracije lebdećih čestica s mjernom opremom A.

4.2.2 Rezultati analize utjecaja vrste mjernih uređaja za sakupljanje ukupne prašine

U odnosu na prethodnu analizu, drugačiji je rezultat dobiven za podatke sakupljanja uzoraka ukupne prašine. U tablici 4.34 rezultati statističkog testiranja pokazali su značajnu razliku stupnjeva pronalaženja uzorka ($t_{\min P}$) i stupnjeva količine uzorka ($t_{\min K}$) ukupne prašine za dvije različite mjerne opreme ($p \ll 0,01$). Iz ovih rezultata deskriptivne statistike također je vidljivo veliko rasipanje podataka (standardna devijacija) oko aritmetičkih sredina ali ovdje je moguće pouzdano ($p \ll 0,01$) tvrditi da je potrebno dulje vremena prikupljati uzorke pri određivanju masene koncentracije ukupne prašine s mjernom opremom A negoli s mjernom opremom B. Bolja pozdanost sakupljanja uzoraka, prema tome bila je opremom B negoli opremom A.

Tablica 4.34 Statistički obrađeni stupnjevi pronalaženja uzoraka ($t_{\min P}$) i stupnjevi količine uzorka ($t_{\min K}$) ukupne prašine za obje vrste mjerne opreme

Testirana varijabla za ukupnu prašinu	Vrsta mjerne opreme	Broj uzorka, N	Aritmetička sredina (min)	Standardna devijacija (min)	Razina signifikantnosti, p
$t_{\min P}$	A	157	1004,8	1067,6	$\ll 0,01$
	B	26	565,7	304,1	
$t_{\min K}$	A	157	3326,1	3556,0	$\ll 0,01$
	B	26	1885,6	1013,7	

4.3 Rezultati analize utjecaja stvarnog vremena sakupljanja uzoraka na stupnjeve pronalaženja uzorka i količine uzorka

Postojeće dobivene mase uzoraka i masene koncentracije respirabilne frakcije i ukupne prašine određivane su kroz stvarno vrijeme sakupljanja (t_{stv}) koje se može dovesti u odnos s izračunatim vremenima potrebnim za sakupljanje pouzdane količine uzorka ($t_{\min P}$ i $t_{\min K}$). Time se ispituje značaj utjecaja stvarnog vremena kroz koje su sakupljeni postojeći uzorci iz čijih značajki (masa, masena koncentracija, količina protoka zraka) su zapravo izračunati stupnjevi pronalaženja uzorka i stupnjevi količine uzorka.

Tablica 4.35 prikazuje statistički obrađena stvarna vremena sakupljanja uzoraka sa stupnjevima pronalaženja uzoraka ($t_{\min P}$) i količine uzorka ($t_{\min K}$) respirabilne frakcije i ukupne prašine za mjernu opremu A i B te Pearsonov koeficijent korelacije dviju testiranih varijabli ($t_{\text{stv}} - t_{\min P}$ odnosno $t_{\text{stv}} - t_{\min K}$). Statističkim testiranjem korelacije pokazalo se da ne postoji značajna

povezanost (k iznosi od -0,1 do 0) stvarnog vremena sakupljanja i potrebnog vremena sakupljanja za pouzdanost pronalaženja i količine uzorka.

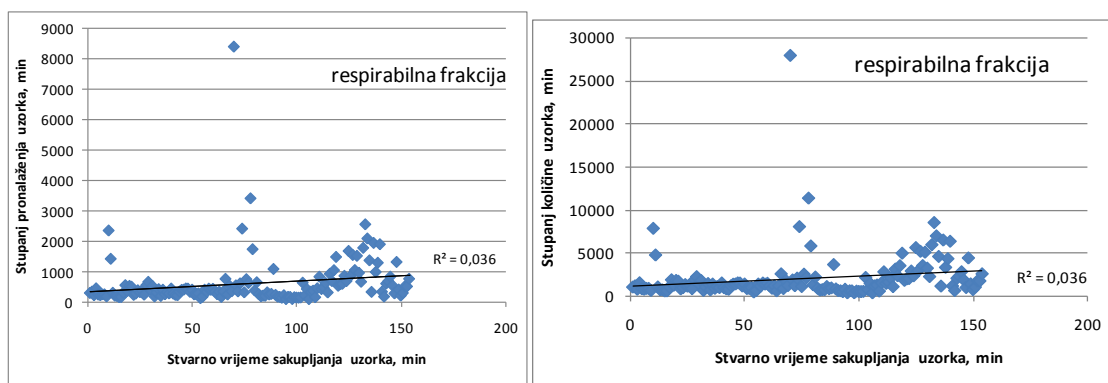
Iz tablice je vidljivo da je stvarno vrijeme sakupljanja uzoraka mjernom opremom A trajalo kraće (4,6 sati) od sakupljanja mjernom opremom B (6,4 odnosno 6,3 sata). Ukoliko bolju pouzdanost sakupljanja uzorka izražavamo nižim stupnjem pronalaženja uzoraka ($t_{\min P}$) odnosno nižim stupnjem količine uzorka ($t_{\min K}$), onda je pokazatelj varijabli vidljiv iz tablice 4.35. Očekivano, i ovdje se pokazala bolja pouzdanost kod sakupljanja mjernom opremom B koje je dulje trajalo jer su stupnjevi pronalaženja uzoraka ($t_{\min P}$) i količine uzorka ($t_{\min K}$) nižih vrijednosti od onih za sakupljanje mjernom opremom A. Za obje vrste mjerne opreme pouzdanost sakupljanja respirabilne frakcije je veća od pouzdanosti sakupljanja ukupne prašine.

Tablica 4.35 Statistički obrađena stvarna vremena sakupljanja uzoraka sa stupnjevima pronalaženja uzoraka ($t_{\min P}$) i količine uzorka ($t_{\min K}$) respirabilne frakcije i ukupne prašine za mjernu opremu A i B

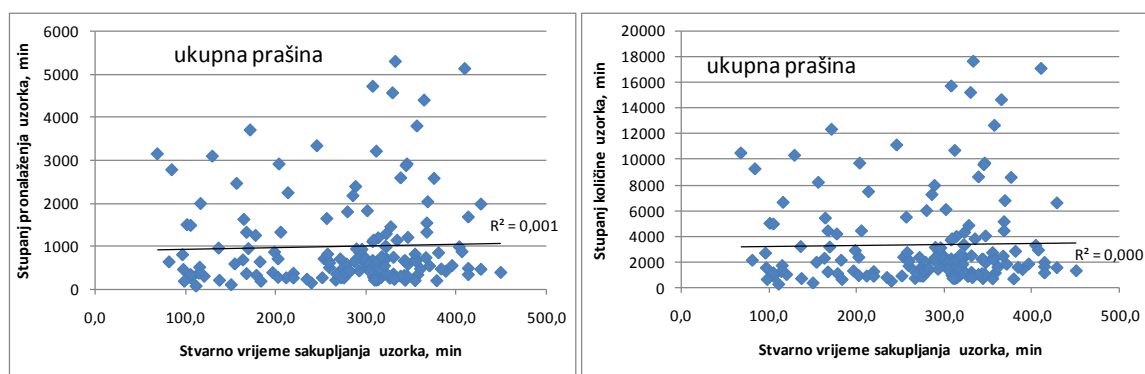
Vrsta mjerne opreme	Vrsta lebdećih čestica	Aritmetička sredina, (h)			Pearsonov koeficijent korelacije, k	
		Stvarno vrijeme sakupljanja, t_{stv}	Stupanj pronalaženja uzorka, $t_{\min P}$	Stupanj količine uzorka, $t_{\min K}$	$t_{\text{stv}} - t_{\min P}$	$t_{\text{stv}} - t_{\min K}$
A	Respirabilna frakcija	4,6±1,7*	10,6	35,2	0	0
	Ukupna prašina	4,6±1,7*	16,7	55,4	0	0
B	Respirabilna frakcija	6,4±1,5*	7,6	26,6	-0,1	-0,1
	Ukupna prašina	6,3±1,5*	9,4	31,4	0	0

*aritmetičkoj sredini ovdje je dodan i podatak o standardnoj devijaciji

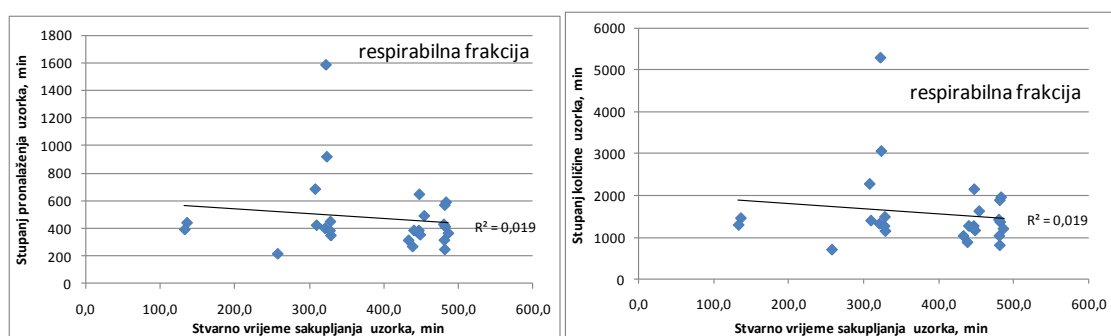
Stvarno vrijeme sakupljanja nije jedini čimbenik pouzdanosti sakupljanja uzoraka jer ona ovisi još i o vrsti opreme (poglavlje 4.2) i masenoj koncentraciji (poglavlje 4.4). Postoji jedino statistički nepouzdana pretpostavka (k je -0,1) o očekivanom trendu poboljšanja pouzdanosti sakupljanja povećanjem stvarnog vremena sakupljanja uzoraka (ukoliko niži stupanj pronalaženja uzorka i količine uzorka u tim slučajevima smatramo boljom pozdanošću uzorka). Dijagrami na slikama od 4.1 do 4.4 prikazuju slabu, negativnog i pozitivnog trenda, ili nikakvu povezanost varijabli ($k=0$).



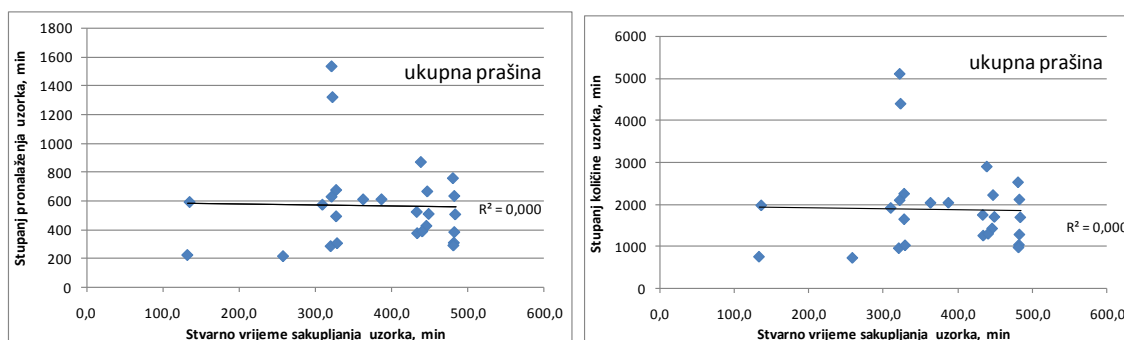
Slika 4.1 Dijagram povezanosti stupnja pronalaženja uzorka i količine uzorka sa stvarnim vremenom sakupljanja respirabilne frakcije mjernom opremom A



Slika 4.2 Dijagram povezanosti stupnja pronalaženja uzorka i količine uzorka sa stvarnim vremenom sakupljanja ukupne prašine mjernom opremom A



Slika 4.3 Dijagram povezanosti stupnja pronalaženja uzorka i količine uzorka sa stvarnim vremenom sakupljanja respirabilne frakcije mjernom opremom B



Slika 4.4 Dijagram povezanosti stupnja pronalaženja uzorka i količine uzorka sa stvarnim vremenom sakupljanja ukupne prašine mjernom opremom B

4.4. Rezultati analize utjecaja vrijednosti masene koncentracije na pozdanost sakupljanja uzorka drvene prašine

Pretpostavka je da bi trajanje sakupljanja uzoraka lebdećih čestica za pouzdano određivanje masene koncentracije zapašenosti radnog prostora trebalo trajati kraće ukoliko je veća zapašenost okolnog zraka. Statističkim analizama pokazala bi se povezanost dobivenih masenih koncentracija sa stvarnim vremenom sakupljanja uzoraka (t_{stv}) i izračunatim vrijednostima potrebnog vremena za pouzdano sakupljanja uzoraka. Potrebno trajanje sakupljanja izraženo je stupnjevima pronalaženja uzoraka (t_{minP}) i količine uzorka (t_{minK}).

4.4.1 Rezultati analize povezanosti masene koncentracije i stvarnog vremena sakupljanja uzoraka

Statistički je analizirana povezanost masene koncentracije i stvarnog vremena sakupljanja. Pokazala se relativno jaka negativna korelacija kod sakupljanja uzoraka respirabilne frakcije ($k = -0,7$) i ukupne prašine ($k = -0,6$) mjernom opremom B. Nešto slabija negativna korelacija pokazala se kod sakupljanja mjernom opremom A respirabilne frakcije ($k = -0,4$) i ukupne prašine ($k = -0,3$).

Može se sa sigurnošću zaključiti da je u slučaju manje zapašenosti okolnog zraka tj. nižih masenih koncentracija lebdećih drvnih čestica potrebno dulje sakupljati uzorke za pouzdano određivanje masene koncentracije negoli u slučaju veće zapašenosti okolnog zraka. I ta je tvrdnja značajnija za rezultate analize podataka dobivenih mjernom opremom B.

4.4.2 Rezultati analize povezanosti masene koncentracije i potrebnog trajanja sakupljanja mjernom opremom A

Nadalje, statistički je analizirana povezanost masene koncentracije i potrebnog trajanja sakupljanja odnosno stupnjeva pronalaženja uzoraka ($t_{\min P}$) i količine uzorka ($t_{\min K}$) respirabilne frakcije i ukupne prašine za mjernu opremu A (tablica 4.36).

Tablica 4.36 Statistički obrađene masene koncentracije (m_c) u korelaciji sa stupnjevima pronalaženja uzoraka ($t_{\min P}$) i količine uzorka ($t_{\min K}$) respirabilne frakcije i ukupne prašine za mjernu opremu A

Testirana varijabla za mjernu opremu A	Masena koncentracija, m_c		Pearsonov koeficijent korelacije, k	
	Aritmetička sredina (mg/m^3)	Standardna devijacija (mg/m^3)	$m_c - t_{\min P}$	$m_c - t_{\min K}$
Respirabilna frakcija	0,7795	0,569	-0,2	-0,2
Ukupna prašina	2,7458	2,674	-0,3	-0,3

Ovdje su dobivene nešto slabije povezanosti varijabli jer koeficijenti neaktivne korelacije nešto niži i iznosi od -0,2 do -0,3. Zbog ove relativno neznatne povezanosti postoji nepouzdana pretpostavka da je potrebno dulje sakupljati lebdeće čestice ukoliko je zapašenost okolnog zraka manja.

4.4.3 Rezultati analize povezanosti masene koncentracije i potrebnog trajanja sakupljanja mjernom opremom B

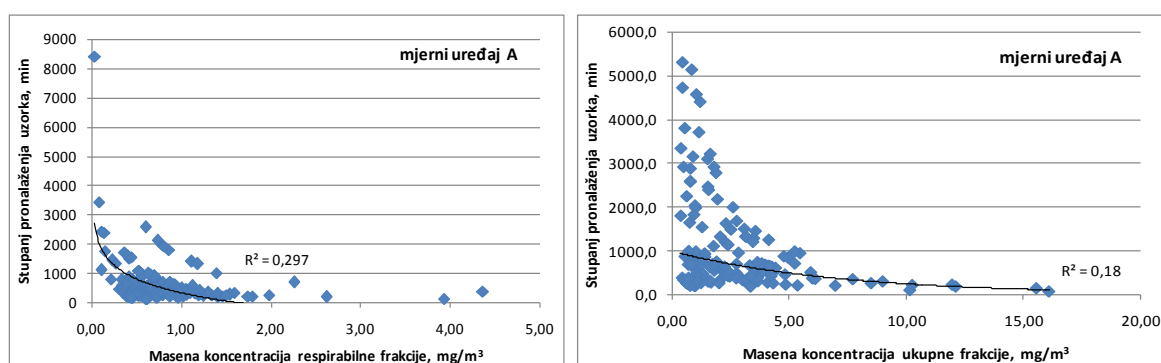
Nešto jača povezanost varijabli dobivena je vezano uz mjernu opremu B jer koeficijenti negativne korelacije iznose od -0,3 do -0,5. Ovdje je s nešto većom sigurnošću moguće tvrditi isto što i za mjernu opremu A, da je potrebno dulje sakupljati lebdeće čestice ukoliko je zapašenost okolnog zraka manja i obratno.

Tablica 4.37 Statistički obrađene masene koncentracije (m_c) u korelaciji sa stupnjevima pronalaženja uzoraka ($t_{\min P}$) i količine uzorka ($t_{\min K}$) respirabilne frakcije i ukupne prašine za mjernu opremu B.

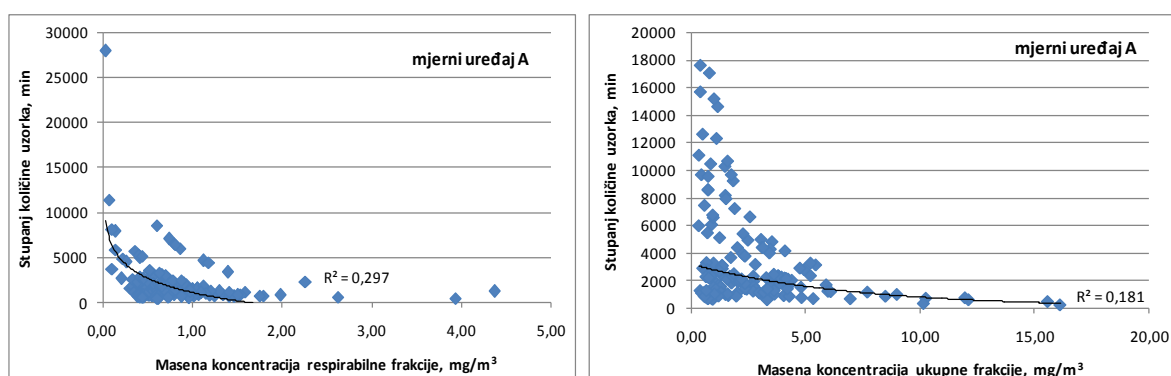
Testirana varijabla za mjernu opremu B	Masena koncentracija, m_c		Faktor korelacije, k	
	Aritmetička sredina (mg/m^3)	Standardna devijacija (mg/m^3)	$m_c - t_{\min P}$	$m_c - t_{\min K}$
Respirabilna frakcija	0,3751	0,262	-0,3	-0,3
Ukupna prašina	2,9270	2,068	-0,5	-0,5

O slučaju obje vrste mjerne opreme nešto je pouzdanija navedena tvrdnja za sakupljanje ukupne prašine negoli za sakupljanje respirabilne frakcije, i to za 0,1 vrijednosti koeficijenta.

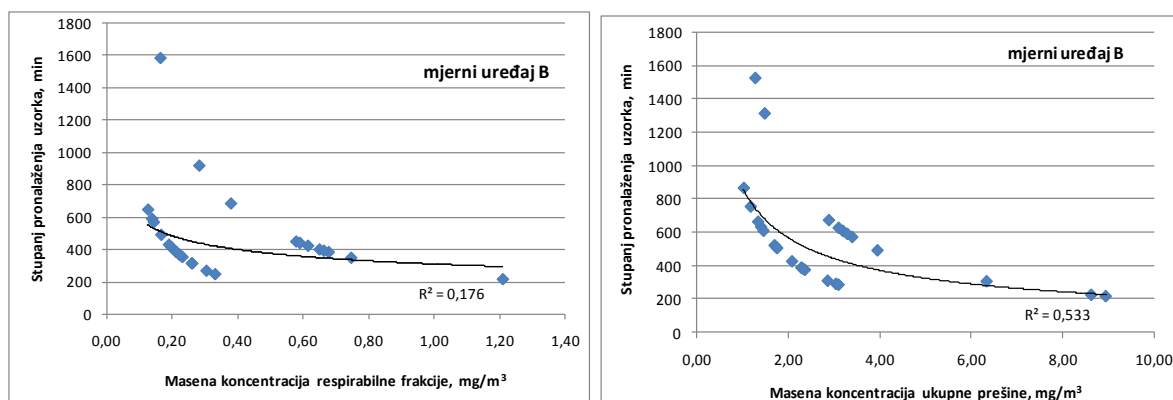
Dijagramima na donjim slikama od 4.5 do 4.8 vidljiva je poveznost analiziranih varijabli.



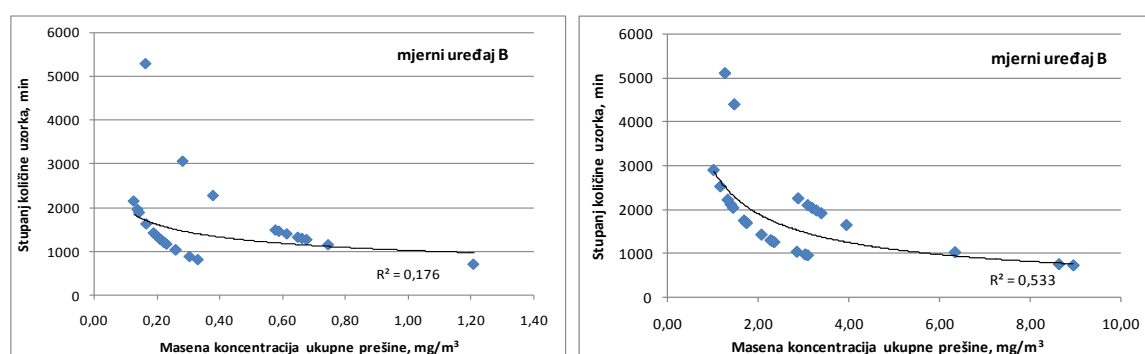
Slika 4.5 Dijagram povezanosti stupnja pronalaženja uzorka s masenom koncentracijom respirabilne frakcije i ukupne prašine sakupljene mjernom opremom A



Slika 4.6 Dijagram povezanosti stupnja količine uzorka s masenom koncentracijom respirabilne frakcije i ukupne prašine sakupljene mjernom opremom A



Slika 4.7 Dijagram povezanosti stupnja pronalazjenja uzorka s masenom koncentracijom respirabilne frakcije i ukupne prašine sakupljene mjernom opremom B



Slika 4.8 Dijagram povezanosti stupnja količine uzorka s masenom koncentracijom respirabilne frakcije i ukupne prašine sakupljene mjernom opremom B

5. ZAKLJUČAK

Na temelju rezultata statističke obrade velikog broja podataka može se zaključiti da je bolja pouzdanost sakupljanja uzoraka opremom B nego li opremom A, što se moglo pretpostaviti s obzirom da je oprema B novijeg datuma proizvodnje, a ovo istraživanje je te navode i potvrdilo. Ta je tvrdnja pouzdanija za sakupljanje ukupne prašine nego za respirabilnu frakciju.

Isto tako može se zaključiti da je za obje vrste mjerne opreme pouzdanost sakupljanja respirabilne frakcije veća od pouzdanosti sakupljanja ukupne prašine, te da je potrebno dulje sakupljati lebdeće čestice ukoliko je zapašenost okolnog zraka manja i obratno. Određivane masene koncentracije lebdećih drvnih čestica preporuča se za različite vrste drva s posebnim naglaskom na tvrde vrste zbog veće kancerogenosti prašine, a u Hrvatskoj i zbog velike zastupljenosti u proizvodnji. Kao temeljni zaključak, ovog rada i sličnih radova definitivno se može ostvariti nada da će zaposlenici u drvnoj industriji jednoga dana imati još bolje uvjete i čišće uvjete rada, kao i to da će drvni sektor jednog dana postati čista industrija, kao i sirovina koju koriste koja je više nego kvalitetna, obnovljiva i rijetko zagađuje okoliš.

6. LITERATURA

1. Čavlović, A., 2012: Interna skripta iz kolegija Zaštita industrijskog okoliša. Recenzirana interna skripta:
<http://www.sumfak.unizg.hr/OdsjekKolegij.aspx?mhlD=3&mvID=89>
2. Čavlović, A., Jug, M., Crnić, D., 2010: Zaštita radnika od rizika zbog izloženosti karcinogenoj prašini tvrdih vrsta drva. „Drvo je prvo – prijenos znanja u praksu kao put izlaska iz krize : Ambijenta 2010, Zagrebački Velesajam, 75-84.
3. Hall, A., Teschke, K., Davies, H., Demers, P., Marion, S., 2002: Exposure Levels and Determinants of Softwood Dust Exposures in BC Lumber Mills, 1981 – 1997. AIHAJ, 63(11/12), 709 – 714.
4. Kos, A., Horvat, D., Šega, K., 1999: Istraživanje nekih čimbenika zaprašenosti radne okoline u pogonima za finalnu obradbu drva. Drvna industrija, Vol 50 (1); str. 11-18.
5. Kos, A., Horvat, D., Šega, K., 2000: Ovisnost kakvoće otprašivanja o kraćim prekidima rada kombiniranoga stroja. Drvna industrija, Vol 51 (2); str. 69-75.
6. Kos, A., Beljo Lučić, R., Horvat, D., 2001: Istina i dvojbe o kancerogenosti drvne prašine bukovine i hrastovine. Međunarodno savjetovanje "Drvo, materijal budućnosti u dizajnu namještaja", Ambijenta 2001, 51-59
7. Kos, A., 2002: Istraživanje utjecaja režima rada radnih strojeva i kakvoće odsisa na radno okruženje pogona finalne obrade drva. Doktorska disertacija
8. Kos, A., Beljo Lučić, R., Horvat, D., Šega, K., 2002: Research of air quality at woodworking places in furniture factory. III. Medzinarodna vedecka konferencia “Trieskove a beztrieskove obradbenie dreva '02”, Stary Smokovec – Tatry, 103 – 109.
9. Kos, A., Beljo-Lučić, R., Horvat, D., Šega, K., Bešlić, I., 2002: Čimbenici koji utječu na zaprašenost u drvoprerađivačkim pogonima. Drvna industrija 53 (3), 131 – 140.

10. Puntarić,D., Kos, A.,Šmit, Z., Zečić,Ž., Šega,K., Beljo Lučić, R., Horvat,D., Bošnjir J.,2005: Wood Dust Exposure in Wood Industry and Forestry: Coll. Antropol. 29 (2005) 1: 221–225
11. Svjatkov, S., 1969: Pneumatski transport usitnjenog drva, Zavod za tehnologiju drveta, Sarajevo, 80-88.
12. Council Directive 2004/37/EC of 29 April 2004 on the protection of workers from the risk related to exposure to carcinogens or mutagens at work (sixth individual Directive within the meaning of Article 16(1) of Council Directive 89/391/EEC). Official Journal of the European Union L 158, 30/04/ 2004
13. HRN CEN/TR 15230:2007 HRN CEN/TR 15230:2007, Atmosfera radnih prostora – Smjernice za uzorkovanje inhalabilnih, torakalnih i respirabilnih frakcija aerosola (CEN/TR 15230:2005)
14. Pravilnika o izradi procjene opasnosti (NN 126/2003)
15. Pravilnik o zaštiti radnika od rizika zbog izloženosti karcinogenim ili mutagenim tvarima (NN 40/2007)
16. EN ISO 10882-1:2001,Zdravlje i sigurnost pri zavarivanju i srodnim postupcima – Uzorkovanje lebdećih čestica i plinova u području disanja radnika –1. dio: Uzorkovanje lebdećih čestica (ISO 10882-1:2001)